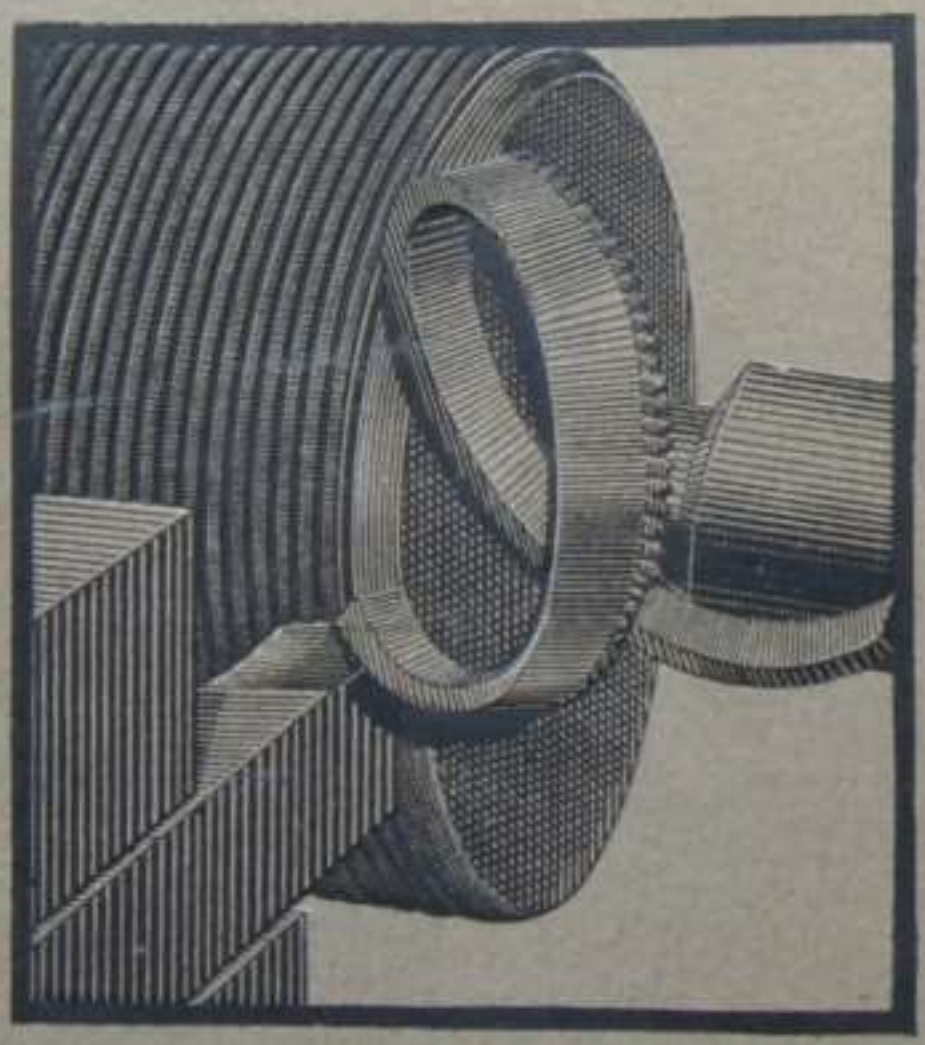
ÉTABLISSEMENTS
JACOB HOLTZER

Société anonyme au Capital de 10.000.000 fr.

FORGES & ACIÉRIES D'UNIEUX

(LOIRE)



ACIERS FONDUS AU CREUSET

POUR

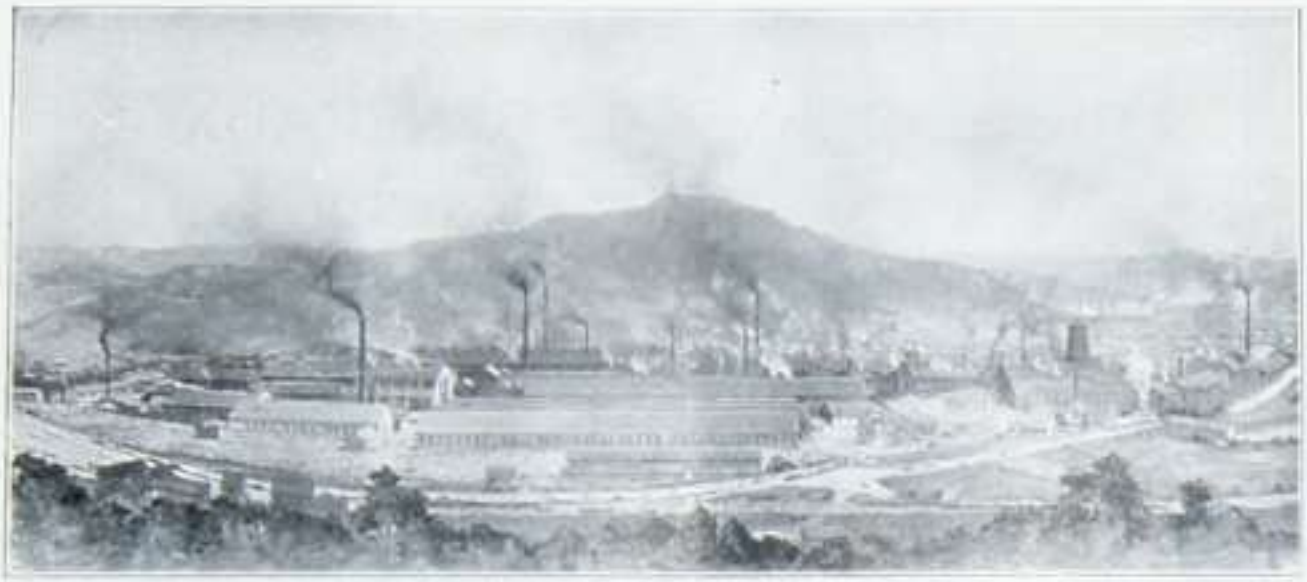
OUTILS ET EMPLOIS DIVERS

ÉTABLISSEMENTS JACOB HOLTZER

Société Anonyme au Capital de 10.000.000 de Frs

FORGES ET ACIÉRIES D'UNIEUX (LOIRE)

Direction Commerciale, 77, Rue La Boëtie, PARIS (8e) — Registre du Commerce SEINE, N° 212.606 B



VUE GÉNÉRALE DES USINES D'UNIEUX

DIRECTION GÉNÉRALE
UNIEUX (Loire)

DIRECTION COMMERCIALE
77, Rue La Boëtie, PARIS

DÉPOTS ET AGENCES EN FRANCE :

PARIS
43, Rue des Marais

LYON
31, Avenue Félix-Faure

NANCY
22, Rue Saint-Nicolas

SAINT-ÉTIENNE
24, Rue Balay

LILLE
94, Rue de Douai

STRASBOURG
15, Rue de la Nuée-Bleue

BORDEAUX
52, Cours Pasteur

CHARLEVILLE
M. Diehl — Rue Forest

NANTES
23, Rue Emile-Souvestre

ALGÉRIE
TUNISIE

DÉPOTS ET AGENCES A L'ÉTRANGER :

BELGIQUE
ITALIE
ESPAGNE
SUISSE
ANGLETERRE

LUXEMBOURG
SARRE
DANEMARK
NORVÈGE
ALLEMAGNE
HOLLANDE

ROUMANIE
BULGARIE
GRÈCE
TURQUIE
SYRIE

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

SUR LES USINES D'UNIEUX ET LEURS FABRICATIONS

Les USINES D'UNIEUX occupent une superficie totale de

620.000 MÈTRES CARRÉS DONT
75.000 DE SURFACE COUVERTE

Elles utilisent une force motrice totale de 5.000 CV. environ

Leur personnel actuel comprend environ
3.000 OUVRIERS et EMPLOYÉS

Les moyens dont elles disposent se rapportent, pour la presque totalité, à la production et à la transformation en barres et en pièces diverses des aciers au creuset, qui constituent leur spécialité. On se rendra compte de leur importance dans cette branche, par la puissance de l'aciérie au creuset, qui permet d'obtenir une

PRODUCTION JOURNALIÈRE
pouvant atteindre 100 TONNES
de métal brut et de couler des lingots
pesant jusqu'à 18.000 KILOS.

NOMENCLATURE DES PRINCIPALES FABRICATIONS

A. - Aciers en Barres et Rondelles

I. — **Aciers fondus au creuset pour outils et emplois spéciaux** (Aciers à coupe rapide, aciers au chrome, tungstène, vanadium, molybdène, cobalt, au carbone) :

1° Pour tous les outils à tourner, fraiser, forer, tarauder, aléser, matricer, poinçonner, découper, emboutir, étirer, cisailler, graver, etc. ;

2° Pour limes, râpes, outils de mineurs et carriers, outils pneumatiques, couteaux, ciseaux, rasoirs, instruments de chirurgie et d'orthopédie, rogne-pieds, fusils de bouchers, etc. ;

3° Pour pièces d'armes de guerre et de chasse, fusils, sabres, épées-baïonnettes, mitrailleuses ;

4° Pour aimants, cordes à pianos.

II. — **Aciers et alliages inoxydables :**

1° Pour coutellerie et instruments de chirurgie ;

2° Pour pièces de machines diverses, en particulier, turbines, pompes, etc. ;

3° Pour résister à froid ou à chaud aux solutions acides ou basiques ;

4° Pour résister aux hautes températures.

III. — **Aciers spéciaux de construction** (Aciers fondus au creuset, au chrome, au nickel, au chrome-nickel, molybdène, etc.) :

Pour pièces d'automobiles, tanks, moteurs d'aviation, tirants et haubans, tôles et profilés pour avions métalliques, moteurs agricoles, organes de machines, turbines, etc.

IV. — **Aciers spéciaux silico-manganeux pour ressorts de fatigue :**

Pour locomotives, voitures, automobiles, rondelles Belleville, armes à feu, etc.

V. — **Aciers corroyés et naturels :**

Pour coutellerie, taillanderie, agriculture, carrosserie, etc.

B. - Pièces de Forge brutes ou ébauchées. - Pièces moulées

1° **Pièces de moteurs,** telles que : vilebrequins, bielles, engrenages, pignons, arbres droits, arbres à cames, arbres à cardan, soupapes, culbuteurs, etc., etc., pour automobiles et aviation, toutes pièces pour moteurs à combustion interne et organes de machines divers ;

2° **Outillage de Mines et Sondages** : Trépans de sondage, tubes carottiers, cuillères de sondage, barres à mines et fleurets, droits, tors et creux ;

3° **Tubes et rondelles de butée pour roulements à billes ;**

4° **Moulages en acier fondu au creuset.**

a) Pour bâtis de moteurs à combustion interne, conduites de vapeur et toutes pièces délicates devant présenter une grande résistance.

b) Pour broyeurs et toutes pièces devant résister à l'usure par frottements et chocs (acier au manganèse marque MERCURE).

c) Pour caisses de cémentation et de recuit, gaines protectrices de cannes pyrométriques, cuves à bains de plomb, pièces diverses (alliages inoxydables à chaud marque URANUS) ;

5° **Guerre et Marine** : Eléments de canons de petits et moyens calibres (tubes, chemises, manchons, frettes, pièces de culasse, pièces moulées d'affût, blindages minces, etc).

C. - Pièces finies de Forge ou d'Usinage

1° **Petit outillage en acier à coupe rapide** : Fraises, forets, tarauds, alésoirs, peignes à fileter, outils à tronçonner, fraises à boutons ;

2° **Lames de cisailles** à chaud et à froid, droites et circulaires, lames de papeterie et pour emplois divers ;

3° **Lames de hachoirs à tabac,** couteaux circulaires et plaques d'usure pour machines à cigarettes ;

4° **Cylindres à laminer** les métaux à froid, cylindres cannelés, cylindres de guimpiers ;

5° **Acier fondu et rapide en barres polies et calibrées,** genre Stub ;

6° **Aciers fondus et spéciaux** laminés à froid pour emplois divers ;

7° **Tirants et haubans fuselés d'avions,** tôles et profilés pour armatures et ferrures d'avions, en acier à haute résistance ;

8° **Fils de résistance** pour chauffage électrique en alliage " URANUS 1 " ;

9° **Ames et poinçons** pour conteneurs de presses ;

10° **Guides** pour laminoirs,

Rouleaux et contre-rouleaux pour laminoirs à poutrelles ;

11° **Aimants permanents** pour toutes applications, telles que : magnétos, compteurs, appareils de mesure, appels de récepteurs téléphoniques, télégraphie et téléphonie sans fil, etc., en acier au tungstène et au cobalt ;

12° **Martellerie,** outils de forge et outils du Génie, outils divers, bouterolles et outils pneumatiques ;

13° **Guerre et Marine :**

Obus de tous calibres pour la Guerre et la Marine ; bombes d'aviation ;
Eléments de canons ;
Matériel de Génie ;
Blindages minces à haute résistance pour avions, tanks, auto-mitrailleuses, trains blindés, canons, etc.

HISTORIQUE

Les Aciéries d'Unieux ont été créées en 1829, par JACOB HOLTZER.

Elles appartiennent encore à la famille de leur fondateur.

Situées dans la vallée de l'Ondaine, à l'extrémité sud-ouest du bassin houiller et métallurgique de la Loire, près de Firminy, elles ne comprenaient, à l'origine, que deux martinets d'étirage et de corroyage servant à la fabrication des aciers « corroyés ».

Cette fabrication se complétait, vers 1835, par celle des aciers fondus au creuset, lesquels prenaient bientôt la première place. C'est le point de départ des aciers fondus au creuset marque « JACOB HOLTZER », dont la fabrication et la renommée se sont développées, depuis, de façon continue.

La fabrication des aciers fins, qui était le but des premiers efforts de JACOB HOLTZER, est toujours restée l'objectif principal des Aciéries d'Unieux ; mais tout en donnant à cette production un développement de plus en plus important, en rapport avec les besoins croissants de l'industrie, nos Aciéries ont également organisé de nombreuses fabrications annexes, nécessitant des aciers de qualité.

Ces fabrications sont venues s'ajouter successivement à celles des aciers à outils en barres ; nous en avons donné l'énumération pages 3 et 4, mais il convient de signaler tout spécialement ici que, dans leur désir de satisfaire toujours mieux aux nombreuses exigences de l'industrie, nos Usines ont constamment multiplié leurs travaux de recherches, ce qui leur a permis de contribuer à la plupart des créations ayant marqué une étape dans la voie du progrès.

Nous rappelons à ce sujet que c'est à Unieux qu'ont été fabriqués, en 1875-1878, les premiers aciers chromés, dont les propriétés remarquables ont ouvert la voie aux recherches d'où devaient sortir les aciers dits « spéciaux ».

Nos Aciéries d'Unieux ont pris une part importante dans la création et la fabrication de tous les aciers « spéciaux », notamment de ceux au chrome, au chrome-nickel, au nickel, au chrome-nickel-molybdène, etc., dont l'emploi a contribué si puissamment au développement de l'industrie automobile et permis la réalisation des moteurs d'aviation.

Nos établissements restent les fournisseurs presque exclusifs des pièces principales des voitures de course de toutes les marques françaises et étrangères, ainsi que de celles des moteurs d'avion accomplissant des raids sensationnels.

Il convient de signaler également que nos Usines d'Unieux se sont particulièrement distinguées dans la fabrication des obus de rupture et que leurs projectiles ont toujours été classés en première ligne, non seulement dans la Marine française, mais à l'étranger. Il en est de même pour les blindages minces.

Enfin, nous devons rappeler encore que c'est à Unieux qu'ont été produits les premiers aciers au silicium, dits silico-manganeux, employés maintenant, d'une façon générale, dans la fabrication des ressorts de fatigue.

ÉTABLISSEMENTS JACOB HOLTZER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 10.000.000 DE FRANCS

FORGES ET ACIÉRIES D'UNIEUX (LOIRE)

ACIERS

FONDUS AU CREUSET

POUR

OUTILS ET EMPLOIS DIVERS

HISTORIQUE

Alors que la grosse sidérurgie est relativement récente (le convertisseur date de 1854, le four Martin de 1865, le four électrique de 1901), il est difficile de préciser l'origine des aciers à outils qui est très ancienne. Mais on doit retenir la date de la création des aciers fondus au creuset, réalisée en Angleterre en 1770 par Benjamin Huntsmann, parce qu'elle marque l'étape la plus importante de l'histoire des aciers à outils.

A cette époque, les aciers trempants servaient principalement à la fabrication des armes blanches, de la coutellerie, des outils de façonnage, limes, burins, marteaux, etc. ; on les obtenait en cémentant avec du charbon de bois des fers produits au bas foyer. En poussant plus ou moins la cémentation, on faisait varier la dureté, mais celle-ci ne pouvait pas être très régulière.

Benjamin Huntsmann eut l'idée de fondre de l'acier cémenté dans un creuset en terre réfractaire, afin d'obtenir un métal homogène et pur ; d'autre part, en mélangeant en proportions variables des fers purs et des fers cémentés, il put réaliser ainsi toute une gamme de duretés. C'était un progrès considérable qui fut le point de départ des aciers fondus au creuset, dont l'histoire se confond, depuis, avec celle des aciers à outils.

L'Angleterre conserva longtemps le monopole de cette fabrication, qui ne fut introduite en France qu'en 1815 par James Jackson. Ce dernier se fixa à Trablaine, près de Saint-Etienne, où il existe encore des vestiges de son installation.

La région de Saint-Etienne, où l'on trouvait de la houille et des chutes d'eau pour actionner les roues hydrauliques des martinets, était déjà le centre de nombreuses industries de transformation. Elle devint et elle est restée celle des aciers fins. C'est à Unieux, qui marque la limite sud du bassin houiller de Saint-Etienne, que Jacob Holtzer, fondateur de nos Usines, originaire d'Alsace, vint s'installer en 1829.

La fabrication des aciers au creuset se développa rapidement, mais elle resta limitée aux aciers au carbone jusqu'en 1875. A cette époque, furent créés dans nos Usines d'Unieux les aciers chromés. Cette date marque le début de la fabrication des aciers spéciaux obtenus en incorporant à l'acier des métaux autres que le fer ; elle ouvrit un nouveau chapitre très important de l'histoire des aciers à outils.

Ensuite viennent les aciers au tungstène, au nickel, au chrome-nickel, puis on arrive aux aciers rapides de composition plus complexe (au chrome, tungstène, vanadium, molybdène, etc.), qui constituent une branche très importante des aciers spéciaux.

Les aciers rapides ont fait leur apparition en France à l'Exposition de Paris, en 1900 ; leurs propriétés, leur traitement et leurs qualités avaient été mis en évidence par les travaux bien connus de Taylor. Depuis, de nouveaux aciers extra-rapides et de nombreux aciers spéciaux ont enrichi la famille des aciers à outils.

De plus en plus on abandonne les aciers au carbone pour rechercher les aciers spéciaux adaptés à chaque fabrication. Nous ne sommes qu'au début de cette évolution.

GÉNÉRALITÉS

Les outils et les outillages utilisés pour le travail des métaux et des matières de toute nature rencontrées dans l'industrie ont à satisfaire à des applications extrêmement nombreuses et variées. Outre la dureté plus ou moins grande des matières à travailler, ils se trouvent placés dans des conditions de fonctionnement nécessitant, suivant les cas, des qualités de coupe ou de résistance aux chocs, aux pressions, aux frottements, aux vibrations, à l'échauffement, etc. On conçoit que, pour répondre à des conditions aussi différentes, il soit nécessaire de faire appel à des qualités d'aciers diverses et bien appropriées.

QUALITÉS ET RÉGULARITÉ

Les aciers à outils représentent un des éléments les plus importants de la production industrielle : leur **qualité,** leur **régularité** et leur **emploi judicieux** ont une influence primordiale sur le rendement, c'est-à-dire sur le prix de revient des travaux effectués. Il ne faut donc pas hésiter à employer les meilleurs aciers à outils ; malgré leurs prix un peu plus élevés, ce sont de beaucoup les plus **économiques.** D'ailleurs, le prix de l'acier n'intervient, habituellement, que pour une faible part dans celui des outils et outillages, qui comportent souvent une main-d'œuvre importante. Si l'on ajoute que les risques de trempe sont toujours plus réduits avec les aciers de **qualité supérieure,** à cause de leur **grande pureté,** on voit que l'emploi des **meilleurs aciers** à outils représente la solution la plus **économique à tous les points de vue.**

NOS ACIERS AU CREUSET

Nos aciers au creuset sont obtenus par fusion, dans un vase clos constitué par le creuset, de sorte que leur composition et leur qualité dépendent directement du dosage et de la qualité des matières premières utilisées. Il n'en est pas de même avec les autres modes d'élaboration, dans lesquels interviennent des réactions chimiques difficiles à conduire, à contrôler et à arrêter exactement au point voulu. On conçoit donc qu'en utilisant des matières premières soigneusement choisies et dosées, on puisse obtenir plus facilement, avec le creuset, des aciers de **composition exactement déterminée,** toujours bien **régulière,** et surtout les aciers spéciaux les plus complexes.

Ces considérations expliquent que les aciers à outils fondus au creuset puissent être les plus **fins,** les plus **réguliers,** les **meilleurs,** les plus **recherchés.**

Nos Usines, spécialisées dans la fabrication des aciers fins depuis leur création, en 1829, ont constamment développé leur production d'aciers au creuset. Notre longue expérience, jointe aux moyens puissants et perfectionnés dont nous disposons, nous permet d'obtenir des aciers à outils présentant le maximum de **qualité,** de **régularité** et de **rendement.**

VERIFICATION ET CONTROLE

Ces moyens importants et perfectionnés, le choix judicieux des matières premières, les soins apportés dans toutes les phases de la fabrication nous permettent d'assurer la **qualité** et la **régularité** que tous les constructeurs s'accordent à reconnaître comme les marques distinctives de notre fabrication : la recherche de la meilleure qualité a, d'ailleurs, toujours été le but de nos efforts.

Pour obtenir ce résultat, nos Usines ont multiplié sans cesse leurs procédés de contrôle. Un laboratoire remarquablement outillé vérifie la qualité et la composition des matières premières, dont le classement est fait avec le plus grand soin. Toutes les coulées sont également analysées afin d'éliminer le métal qui ne répondrait pas exactement à la composition recherchée.

Pour compléter ce contrôle, il est prélevé dans chaque coulée un échantillon auquel on fait subir un essai pratique correspondant aux conditions d'emploi (essais de dureté, de traction et de résilience, etc., pour les aciers de construction ; essais d'outils de tour pour les aciers rapides ; essais magnétiques pour les aciers à aimants, etc.) ; les coulées donnant des résultats anormaux sont rebutées.

Les pièces et les barres sont encore vérifiées soigneusement avant l'expédition pour déceler les défauts qui auraient pu échapper aux contrôles échelonnés dans les diverses phases de la fabrication.

On conçoit que l'ensemble de ces dispositions et les soins dont nous entourons toutes nos fabrications nous permettent d'assurer à nos fournitures le maximum de garantie.

MOYENS DE PRODUCTION

Pour montrer l'importance des installations dont nous disposons pour la fabrication et la transformation en barres et en pièces des aciers au creuset, nous donnons, ci-après, quelques renseignements sur notre aciérie et notre matériel de laminage et de forgeage.

Aciérie. — L'aciérie comprend dix-neuf fours chauffés au gaz, dont seize contenant 30 à 34 creusets et trois contenant 45 creusets.

Laminoirs. — Un train ébaucheur de 510 % à commande électrique et huit trains finisseurs de diverses dimensions, dont plusieurs à commande électrique.

Forge. — Sept presses, dont la puissance s'échelonne de 350 à 2.000 tonnes.
Trente-trois pilons de 1 tonne 5 à 15 tonnes.
Deux moutons.
Six martinets d'étirage.

Ateliers de traitements. — Vingt-six fours à recuire et à tremper.

DIVERSES FORMES DE LIVRAISON DE NOS ACIERS A OUTILS

Nous pouvons livrer nos aciers à outils :

En barres brutes, recuites ou non recuites, de sections diverses, notamment :

a) **Profils courants.** — Ronds, carrés, plats, angles vifs et dos ronds, octogones, hexagones.

b) **Profils spéciaux.** — Trapèzes, profils pour aciérages ; limes, couteaux de bascules, lames de coutellerie, rasoirs, rogne-pieds, fers de rabots, planes ; profils pleins, creux et tors, pour barres à mines ; profils ressorts, etc. (*Renseignements sur demande*).

En rondelles pleines ou à trous, en blocs forgés, pour matrices et divers.

En pièces de forge brutes ou usinées.

En barres écroûtées.

En barres rondes polies, calibrées, genre Stub.

En barres étirées à la filière de section carrée, ronde, rectangulaire ou profils simples.

En bandes laminées à froid jusqu'à 350 % de largeur.

Sous forme d'outils et d'outillages finis (voir nomenclature, pages 3 et 4).

LIVRAISON EN BARRES

Nos aciers à outils sont livrés en barres obtenues, suivant les dimensions, les qualités d'aciers, la quantité demandée, etc., par laminage ou martelage au martinet ou au marteau-pilon. Nous nous réservons d'employer l'un ou l'autre mode de fabrication, suivant les cas.

Les barres sont fournies soit à l'état naturel, soit à l'**état recuit.** Lorsqu'on désire des barres recuites, il est nécessaire de le spécifier dans les commandes.

SECTIONS ET DIMENSIONS COURANTES

Ronds à partir de 4 % de diamètre, sauf les aciers rapides, qui ne commencent qu'à 6 %.

Carrés à partir de 4 % de côté, sauf les aciers rapides à partir de 6 %.

Plats angles vifs à partir de 5 % × 1 % ½, sauf les aciers rapides qui ne commencent qu'à 6 × 5.

Plats minces à angles arrondis (laminés) à partir de 10 % × 1 % 3, jusqu'à 450 % × 5 %.
Les aciers rapides de 10 % × 3 à 350 % × 5.

Octogones de 8 % à 40 % sur plat.

Hexagones de 8 % à 29 % sur plat.

PROFILS SPÉCIAUX

Pour les profils spéciaux : trapèzes, biseaux, profils creux pour barres à mines, sections pour limes, coutellerie, rasoirs, fers de rabots, ressorts, couteaux de bascules, couteaux de visserie, etc.

(*Renseignements sur demande*)

CONDITIONS DE FABRICATION — DIMENSIONS ET QUANTITES

Longueurs. — Sauf indications spéciales, les barres sont livrées à la longueur courante de fabrication, laquelle varie suivant les dimensions et la qualité de l'acier. Pour les barres normales, elle est de 2 m 50 à 3 m 50.

Les barres demandées à une longueur moyenne ou approximative sont livrées, sans majoration de prix, avec une tolérance de plus ou moins 10 % sur la longueur indiquée.

Les barres demandées à une longueur déterminée supportent une majoration de prix.

Quantités. — Les commandes stipulant un nombre de barres déterminé sont livrées exactement à la quantité demandée, pour les qualités et les sections courantes et, dans tous les cas, pour les quantités inférieures ou égales à 10 barres. Au-dessus de 10 barres et surtout pour les sections et les qualités non courantes, nous nous réservons de livrer les quantités demandées avec une tolérance de plus ou moins 10 %, pour parer aux déchets possibles de fabrication.

Poids. — Les commandes indiquant un poids déterminé sont livrées au poids demandé avec une tolérance de plus ou moins 10 %.

TOLÉRANCES SUR LES DIMENSIONS

1° **Aciers laminés.** — Sur chacune des dimensions, il faut compter les tolérances suivantes :

± 1,5 % avec minimum de ± 0 m/m 2

et maximum ± 2 m/m quelles que soient les dimensions.

2° **Barres martelées.** — Les tolérances sur toutes les dimensions sont celles ci-après :

± 0 m/m 5	jusqu'à		12 m/m.
± 0 m/m 8	de	12,5	à	25 m/m.
± 1 m/m	de	25,5	à	50 m/m.
± 1 m/m 5	de	51	à	90 m/m.
± 2 m/m	de	91	à	150 m/m.
± 2 m/m 5	de	151	à	200 m/m.
± 3 m/m	de	201	à	250 m/m.
± 4 m/m	de	251	et plus.	

Pour les sections de forme trapézoïdale, tolérance minimum ± 1 m/m.

CONSTITUTION DES ACIERS

TRAITEMENTS

Les aciers à outils sont toujours utilisés à l'état trempé. Le traitement, qui comprend habituellement une trempe à l'eau, à l'huile ou à l'air, suivie d'un revenu, doit être fait dans des conditions déterminées, suivant les qualités, afin de les mettre dans le meilleur état d'utilisation.

Pour effectuer convenablement et avec discernement les diverses opérations constituant un traitement, il est bon de connaître les modifications qu'elles apportent dans la structure du métal.

Nous croyons donc utile de rappeler ci-après, à l'intention des praticiens s'occupant de la trempe des aciers, quelques notions sur leur constitution et les transformations résultant des opérations de traitement.

Pour faciliter les choses, nous envisagerons d'abord les aciers de composition la plus simple, c'est-à-dire les aciers au carbone.

ACIERS AU CARBONE — CONSTITUTION

Les aciers au carbone sont composés presque uniquement de fer pur et de carbone, celui-ci pouvant exister soit à l'état de combinaison avec le fer, ce qui constitue la **cémentite,** dont les cristaux sont juxtaposés à ceux de fer pur appelé **ferrite,** soit à l'état de dispersion intime dans les cristaux de ferrite, ce qui constitue une solution solide (*).

Cette structure s'observe à l'aide du microscope, sur des échantillons extrêmement polis ; elle peut être fixée par la photographie. On l'appelle la **microstructure** et les photographies correspondantes sont des **micrographies.**

Nous reproduisons à la fin de ce chapitre (page 18) les micrographies des principaux constituants, dont nous parlerons au cours de cet exposé.

Points critiques. — Le chauffage et le refroidissement produisent, dans la structure des aciers, des transformations importantes présentant le plus grand intérêt pour leur traitement. Elles se produisent

(*) Dans les fontes, il peut exister aussi à l'état de graphite.

à des températures variables, suivant la composition du métal et les conditions du chauffage et du refroidissement. Ces températures sont appelées **points critiques**. Pour examiner cette question, nous partirons d'un acier au carbone dur contenant 0,8 à 0,9 % de carbone, dont les phénomènes de transformation sont les plus simples.

Auparavant, nous pensons utile de donner quelques renseignements sur le principe des appareils permettant d'enregistrer et d'étudier ces particularités. On trouvera ci-après (page 15), les courbes obtenues avec les trois types d'appareils que nous possédons dans nos Laboratoires.

APPAREIL SALADIN-LE CHATELIER

Cet appareil enregistre les perturbations apportées par les phénomènes de transformation sur la température. On utilise, à cet effet, deux échantillons semblables, dont l'un prélevé dans l'acier à étudier et l'autre dans un métal ne possédant pas de point critique. Ces échantillons sont chauffés en même temps dans un petit four électrique, d'une façon progressive et régulière au delà de la transformation, puis refroidis de même.

L'appareil trace directement une courbe dont les ordonnées sont proportionnelles à la différence de température entre les deux échantillons, les abcisses étant proportionnelles à la température de l'échantillon à étudier. On voit nettement sur la courbe (fig. 2) les parties Ac et Ar, où l'allure change brusquement, et qui correspondent aux zones de transformation.

APPAREIL CHEVENARD

Cet appareil est basé sur les perturbations apportées par les phénomènes de transformation sur la dilatation. Il enregistre la dilatation et la contraction différentielle de deux éprouvettes échantillons, chauffées et refroidies lentement et régulièrement, et dont l'une provient de l'acier à étudier et l'autre d'un métal connu ne présentant aucune anomalie de dilatation.

La courbe tracée a ses ordonnées proportionnelles à la différence de dilatation des deux éprouvettes et ses abcisses correspondent à la dilatation de l'échantillon étalon, qui correspond elle-même aux températures de cet échantillon.

Comme dans la courbe précédente, on observe facilement les zones Ac et Ar, correspondant à la transformation (fig. 3).

Cet appareil permet, en outre, de déterminer la loi de dilatation de l'échantillon étudié.

APPAREIL PELLIN

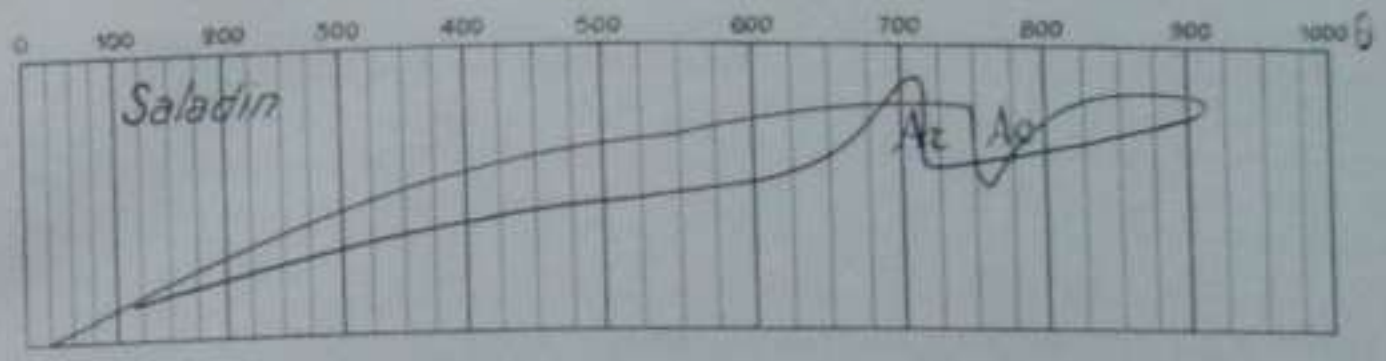
Cet appareil enregistre directement les variations de la dilatation d'après les températures. Il trace une courbe, dont les ordonnées sont proportionnelles aux dilatations de l'échantillon étudié et des abcisses en rapport avec les températures de cet échantillon.

Les zones Ac et Ar s'observent aussi très nettement sur la courbe (fig. 4).

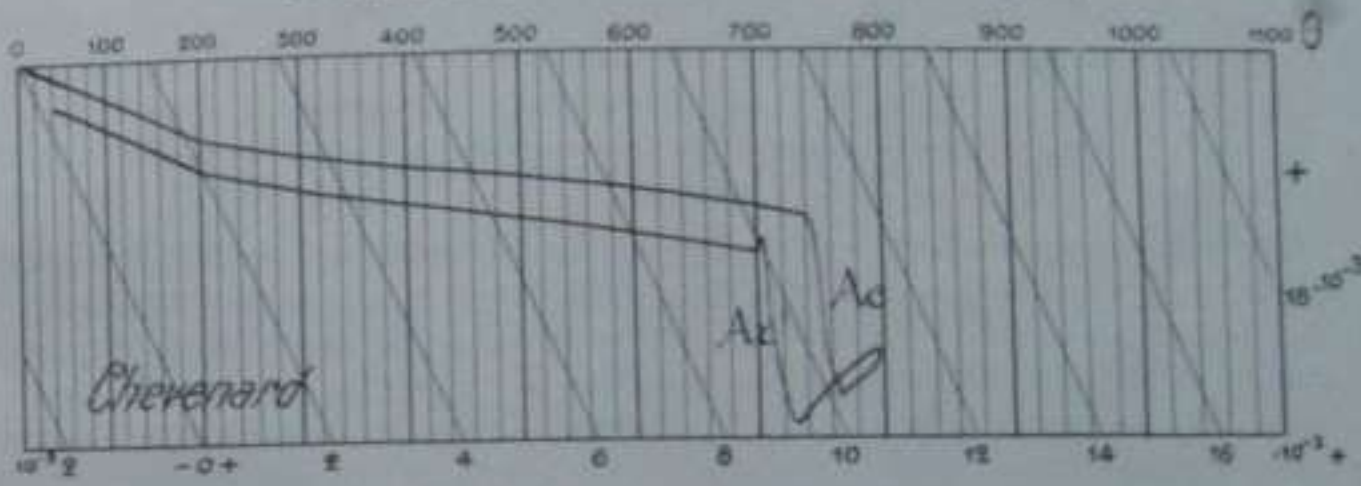
COURBES DE TRANSFORMATION

(Acier au carbone contenant 0,8 à 0,9 % de carbone)

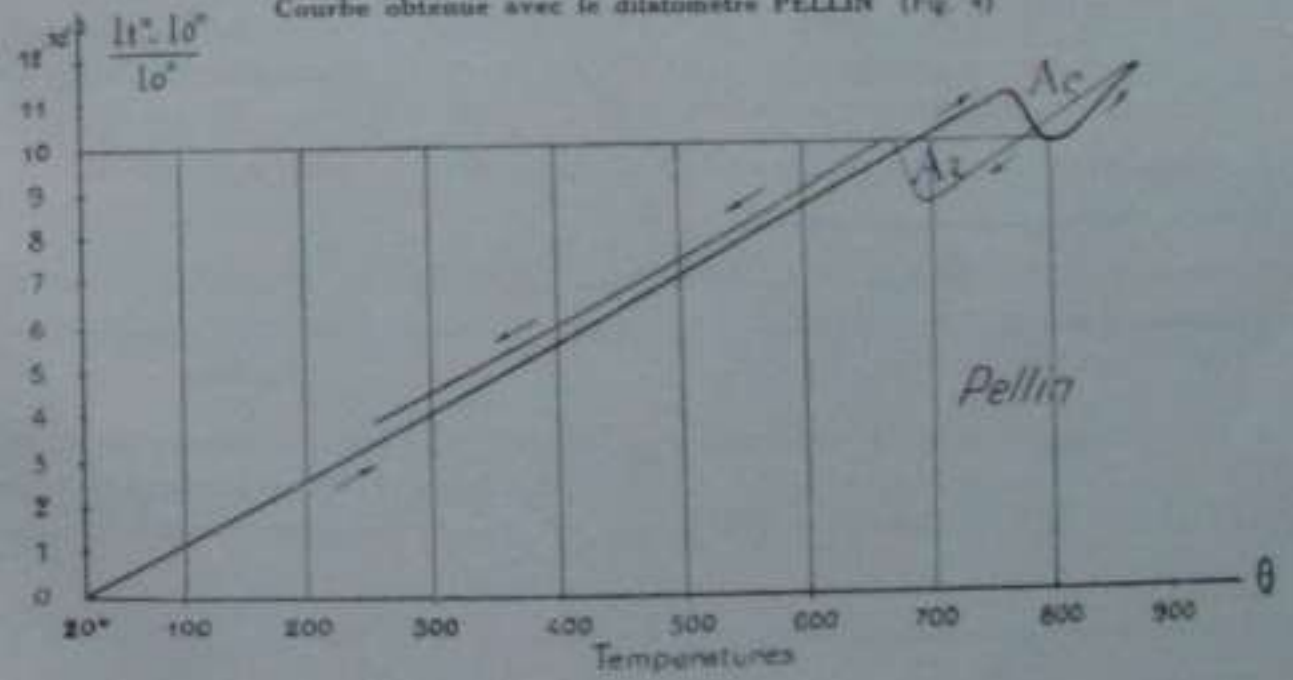
Courbe obtenue avec l'appareil SALADIN-LE CHATELIER (Fig. 2)



Courbe obtenue avec le dilatomètre CHEVENARD (Fig. 1)



Courbe obtenue avec le dilatomètre PELLIN (Fig. 4)



TRANSFORMATION A L'ÉCHAUFFEMENT

Revenons maintenant à l'échantillon d'acier à 0,8 - 0,9 de carbone, dont nous avons parlé précédemment, que nous chaufferons lentement et progressivement. En arrivant vers 740/745°, la température de l'échantillon, qui s'était élevée régulièrement et progressivement, subit un temps d'arrêt dû à la transformation moléculaire qui s'opère dans le métal en absorbant la chaleur communiquée (voir courbes fig. 2). Cette anomalie se manifeste également sur la dilatation ; alors que l'échantillon s'était dilaté progressivement pendant le chauffage, il se produit un arrêt brusque suivi d'une **contraction** pendant la transformation (voir courbes fig. 3). Enfin, le métal perd également son **magnétisme** qu'il avait conservé jusque-là (1).

Tous ces phénomènes correspondent à une transformation importante de la structure. La **cémentite** et la **ferrite** qui étaient séparées se sont combinées pour former une **solution solide** dénommée **austénite** (fig. 12). La température à laquelle s'opère la transformation s'appelle **point critique** à l'**échauffement,** et on le désigne par la lettre Ac. Il s'agit plutôt d'une zône de température très limitée pour les aciers au carbone, mais plus étendue pour les aciers spéciaux.

TRANSFORMATION AU REFROIDISSEMENT

1° **Refroidissement très lent.** — Si nous limitons le chauffage de l'échantillon précédent vers 800°, par exemple, et que nous le laissions refroidir **très lentement** dans le four, des phénomènes inverses de ceux observés précédemment vont se produire, mais à une température un peu plus faible. C'est le **point critique au refroidissement** marqué Ar sur les courbes. A ce moment, la solution de cémentite et de ferrite (austénite fig. 12), qui s'était formée à l'échauffement, se décompose, la cémentite et la ferrite se séparent en agrégats qui se disposent en lamelles alternées, c'est la **perlite**, ainsi appelée à cause de son aspect nacré sous un éclairage oblique (voir micro fig. 5). Cette transformation se manifeste :

a) Par un arrêt dans la baisse de température, suivi d'une remontée légère (voir la courbe fig. 2) ; on peut observer ce phénomène à l'œil nu, l'échantillon devenant brusquement plus brillant, c'est le phénomène appelé **recalescence.**

b) Par un arrêt dans la contraction, suivi d'une dilatation brusque (voir la courbe fig. 3).

c) Par la réapparition du magnétisme.

La texture **perlitique** résultant du traitement effectué sur l'échantillon (chauffage au-dessus du point de transformation suivi d'un refroidissement très lent) représente l'état d'adoucissement maximum du métal, le plus favorable pour l'usinage, c'est le **recuit.**

2° **Refroidissement rapide (trempe).** — L'échantillon d'acier au carbone précédent ayant été chauffé au-dessus du point de transformation Ac, si nous le refroidissons **très rapidement** en le plongeant dans l'eau, par exemple, la transformation est rejetée vers 250° environ ; à cette basse température, l'austénite

(1) Dans les aciers doux et mi-durs, l'acier ne perd son magnétisme qu'à une température supérieure.

ne peut plus se décomposer et la cémentite reste dissoute dans la ferrite, celle-ci subissant elle-même sa transformation, qui la rend magnétique.

Il en résulte un constituant nouveau très dur appelé **martensite,** qui est la caractéristique des aciers trempés. Il se présente souvent sous forme d'aiguilles (voir micro fig. 8).

3° **Refroidissement variable. - Trempe douce.** — L'échantillon précédent ayant été chauffé au-dessus du point de transformation, si, au lieu de le plonger dans l'eau, nous le laissons refroidir à l'air, c'est-à-dire plus lentement, la transformation est décalée beaucoup moins que dans le cas précédent, et d'une quantité variable, suivant la vitesse de refroidissement ; la cémentite et la ferrite qui étaient en solution n'ont pas le temps de se répartir en lamelles, comme cela se produit dans le cas du refroidissement très lent, et on obtient une structure non résoluble au microscope, qu'on appelle **troostite** (voir micro fig. 9).

4° **Chauffage d'un acier trempé en dessous du point de transformation (revenu).** — Si l'on réchauffe au-dessous de 700° un échantillon trempé à texture **martensitique,** la martensite, qui n'est pas en état d'équilibre stable, se résout en un constituant appelé **sorbite** (voir micro fig. 10); la cémentite se dispersant en grains très fins dans la ferrite, la dureté diminue et l'adoucissement s'accentue avec l'élévation de la température, en même temps que la texture devient moins fine. En poussant le réchauffage près du point de transformation, mais sans l'atteindre, l'adoucissement se rapproche de celui donné par le recuit (cas 1°).

Le traitement ci-dessus s'appelle le **revenu.**

5° **Aciers au carbone plus ou moins carburés (aciers spéciaux).** — Toutes les indications qui précèdent se rapportent plus spécialement à un acier au carbone contenant 0,8 à 0,9 % de carbone, dont la texture à l'état recuit est composée **uniquement de perlite** (cémentite et ferrite alternées).

Lorsque le métal est plus carburé, il se trouve de la cémentite en excès, la texture étant formée d'un mélange de perlite et de cémentite libre (fig. 7). Dans le cas d'un acier peu carburé, c'est la ferrite qui est en excès et la texture est un mélange de perlite et de ferrite libre (fig. 6), avec d'autant plus de ferrite que la teneur en carbone est plus faible. Les phénomènes de transformation sont alors un peu plus compliqués et leur durée un peu plus longue.

Avec les aciers **spéciaux,** qui sont des composés de carbures plus complexes, les transformations s'opèrent encore plus difficilement. Elles se produisent à des températures plus élevées et s'étendent, habituellement, sur un intervalle de températures plus grand que celui des aciers au carbone.

Traitement. — Les renseignements qui précèdent, quoique réduits et simplifiés, permettent de mieux préciser les diverses opérations constituant le traitement thermique des aciers.

MICROGRAPHIES

PERLITE (acier à 0,850 de C environ)

Fig. 5

PERLITE et FERRITE (acier à 0,5 de C environ)

Fig. 6

PERLITE et CÉMENTITE (acier à 1,3 de C environ)

Fig. 7

MARTENSITE
(acier au carbone trempé à l'eau sans revenu)

Fig. 8

MICROGRAPHIES

MARTENSITE et TROOSTITE
(acier au carbone trempé avec léger revenu)

Fig. 9

PERLITE et SORBITE

Fig. 10

AUSTÉNITE

Fig. 12

ÉTABLISSEMENTS JACOB HOLTZER
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 10.000.000 DE FRANCS
FORGES ET ACIÉRIES D'UNIEUX (LOIRE)

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

SUR LE

Forgeage et le Traitement des Aciers à outils

Nous croyons utile de donner, ci-après, quelques renseignements pratiques sur les principales opérations à faire subir aux aciers pour les transformer en outils prêts à être utilisés.

a) Si l'outil recherché doit être obtenu par simple usinage ou meulage, on doit partir d'un acier recuit.

b) Si l'outil est obtenu par forgeage, on prendra un acier brut de laminage non recuit, mais, comme dit ci-après, on le recuira après forgeage et avant trempe.

I. — FORGEAGE

Le forgeage des outils se commence à une température assez élevée pour faciliter les déformations. Il se termine au rouge sombre pour la plupart des aciers au carbone. Les aciers rapides et certains aciers spéciaux se forgent à des températures beaucoup plus élevées (voir les notices relatives à chacune de nos qualités).

Le chauffage de l'acier pour le forgeage de l'outil doit être lent, régulier et bien à cœur. La température nécessaire étant obtenue, l'outil ne doit pas séjourner au feu ; le forgeage doit commencer aussitôt et ne se terminer qu'au rouge sombre. Si le forgeage n'est pas terminé, réchauffer l'outil et continuer l'opération.

Le forgeage doit être fait le plus rapidement possible, sans cependant corroyer le métal trop brusquement, ce qui pourrait provoquer des fentes.

Ce qu'il faut, c'est réduire autant que possible le nombre de chaudes pour ne pas risquer de décarburer le métal superficiellement.

Plus un outil sera difficile à forger en nécessitant des chauffages répétés, plus on devra prévoir une surépaisseur importante par rapport à l'outil fini, de façon à être bien certain d'enlever à l'usinage toute la partie décarburée.

Eviter également une température trop élevée, qui risquerait de brûler irrémédiablement l'outil. De nombreux accidents de trempe sont dus à une chaude exagérée des outils pendant le forgeage.

Nous recommandons également d'éviter les refoulements, surtout pour les aciers durs, car on risque les criques.

Quand on allonge un acier à la forge, il faut le faire avec précaution. Les fibres du métal ne subissent pas toutes le même travail. Les fibres extérieures glissent plus vite que les fibres intérieures, de sorte que l'extrémité de l'outil présentera des fentes. Il sera bon d'enlever les extrémités ainsi allongées.

En fin de forgeage, il est recommandé, surtout pour les outils à tranchants, de marteler le bout de l'outil à petits coups, au rouge sombre.

II. — RECUIT

Cette opération a pour but d'adoucir le métal et de supprimer, dans les outils, les tensions dues au forgeage. On obtient un recuit satisfaisant en chauffant l'outil ou l'acier lentement et régulièrement au-dessus du point de transformation à l'échauffement Ac (voir tableau page 51).

Pratiquement, on dépasse Ac de 25° environ, on maintient cette température suffisamment longtemps pour que la transformation ait le temps de s'accomplir, ce qui dépend de la qualité de l'acier et surtout de la grosseur de la pièce. Pour de très petits outils, on peut se contenter de quarante-cinq minutes de maintien, pour des gros, deux heures. Pour des outillages importants, grosses matrices, tas, trois ou quatre heures. On laisse ensuite refroidir l'acier soit dans le four de chauffe, dont on a fermé le registre, soit, pour des petits outils, dans du sable très chaud ou du fraisil bien sec.

Plus la vitesse de refroidissement est faible, plus la cémentite se rassemble en gros grains et plus l'acier est adouci. C'est au refroidissement seulement que l'acier prend la texture perlitique, qui est le propre des aciers recuits.

Toutefois, il ne faut pas exagérer la lenteur du refroidissement dans la zone de transformation du métal (jusqu'à 600°), car le carbure de la perlite se rassemblerait en cristaux trop gros. On aurait de la perlite globulaire. Dans cet état, le métal est très doux, mais il ne durcit plus suffisamment à la trempe. Il trempe mal, parce que la dissolution du carbure est difficile et incomplète, ce qui donne une martensique moins carburée, donc moins dure.

Si ce défaut existe, il faut, pour le corriger, chauffer le métal à haute température, vers 1000-1050°, le maintenir à cette température pendant cinq minutes au plus et le laisser refroidir à l'air. Les masses de carbure sont ainsi divisées, et la trempe normale donnera ensuite une dureté normale.

Les outils à arêtes vives ou ajustées, qui s'oxyderaient au feu ouvert, seront chauffés, de préférence, dans un four et en vase clos (par exemple dans un tube fermé aux deux extrémités par un tampon de terre réfractaire ou, encore, dans une caisse à couvercle luté).

Un recuit trop long ou effectué dans une atmosphère oxydante risque de décarburer l'acier superficiellement et, par suite, d'en empêcher ultérieurement la trempe.

Le recuit doit toujours être pratiqué :

1°, Pour faciliter l'usinage ;

2° Après forgeage et avant trempe, pour ne tremper qu'un outil parfaitement homogène et sans tension. De cette façon, on évite les tapures de trempe.

Pour chacune de nos principales qualités, nous indiquons les températures de recuit.

Recuit pour détremper un outil. — Lorsque l'on veut réfectionner un outil usé, il faut le détremper et le recuire pour pouvoir le confectionner à nouveau. Cette opération doit être faite avec précaution, car les tensions existant dans l'outil trempé produiraient inévitablement des tapures si l'outil était chauffé brutalement. On le dégourdit d'abord en le chauffant vers 200 à 300°, avant de le placer dans un four ou dans un feu très sombre, dont on fera monter la température lentement. Le recuit s'opérera ensuite comme dit ci-dessus.

III. — TREMPE

La trempe est l'opération la plus importante et la plus délicate du traitement des aciers à outils. Il ne faut la confier qu'à un ouvrier intelligent et consciencieux.

Elle a pour but de donner à l'acier la dureté qui lui est nécessaire pour le travail à exécuter. Nous avons vu qu'en théorie la trempe consiste à donner à un acier la texture martensitique par chauffage au-dessus du point de transformation Ac, et un refroidissement très rapide à partir de cette température.

1° **Chauffage.** — Le chauffage doit être conduit lentement et réglé suivant la forme des outils, de façon que toutes les parties à tremper arrivent en même temps à la température de trempe. Celle-ci est pratiquement de 50° plus élevée que le point de transformation Ac.

Pour chaque qualité d'acier, nous donnons les meilleures températures de trempe.

D'une manière générale, pour les aciers au carbone dont la teneur en carbone atteint ou dépasse 0,8 %, on peut adopter la même température de trempe, soit 800°. Pour les aciers au carbone plus doux, c'est-à-dire contenant un excès de ferrite, il faut augmenter un peu cette température afin de la dissoudre.

Pour les aciers spéciaux à outils, la température de trempe est plus élevée, leur point de transformation étant lui-même beaucoup plus élevé. Pour certains aciers complexes, comme les aciers rapides, il faut même atteindre des températures de 1200 à 1300°, si l'on veut dissoudre tous les carbures de chrome, tungstène, etc.

Le chauffage pour la trempe peut se faire au feu de forge, au four ou dans un bain. Nous donnons ci-après (page 26) quelques renseignements sur les différents procédés habituellement employés.

2° **Trempe proprement dite.** — La pièce étant chauffée bien régulièrement à la température voulue, on la plonge dans le bain de trempe, où on la laisse en général jusqu'à complet refroidissement.

La vitesse de refroidissement minimum pour donner à l'acier la texture martensitique après trempe, c'est-à-dire pour obtenir la dureté maximum, est ce que l'on appelle " la vitesse critique de trempe ". Elle varie pour chaque acier. Comme cette vitesse de refroidissement dépend de la conductibilité thermique du bain de trempe, on la fera varier en faisant varier le bain de trempe lui-même.

Les bains les plus courants sont dans l'ordre d'énergie décroissante :

l'eau salée (2 à 4 % de sel),
l'eau acidulée (2 à 4 % d'acide sulfurique),
l'eau pure froide,
l'eau pure à la température ordinaire (15 à 20°),
l'huile de colza ou l'eau à 60°,
le pétrole,
le suif,
l'air.

Les aciers au carbone ont une vitesse critique de trempe très élevée, ils ont donc une faible pénétration de trempe. Pour obtenir une dureté élevée, il est donc nécessaire de tremper ces aciers dans des bains énergiques.

Les aciers spéciaux, au contraire, ont une vitesse critique de trempe plus faible. On peut donc employer des bains moins énergiques ; de plus, et ce point est important, ils ont une pénétration de trempe plus profonde. Ces aciers conviendront donc particulièrement pour les outillages demandant une dureté en profondeur tels que ceux devant résister aux chocs et à la pression.

3° **Influence de la grandeur de la section. Outils de faible section.** — Il suffira de les plonger dans le bain et de les déplacer verticalement pendant le refroidissement, en les élevant et abaissant alternativement. On évitera ainsi la formation de gaines de vapeur autour de l'outil, qui empêcheraient la trempe.

Outils de forte section. — Lorsque l'on trempe une pièce de forte section, la surface se refroidit rapidement, mais la masse de la pièce retarde le refroidissement des autres parties. La vitesse de refroidissement, maximum à l'extérieur, diminue donc en profondeur. Tant qu'elle reste supérieure à la vitesse critique de trempe, les zones correspondantes durcissent énergiquement avec texture martensitique, mais, quand elle devient inférieure, les parties correspondantes de la pièce ne sont plus trempées et la dureté diminue jusqu'au centre.

On plongera l'outil dans le bain de trempe, de manière que les parties massives, les plus exposées à se réchauffer par la masse intérieure du métal, se trouvent au-dessus de jets sous pression (fig. 12[bis]). De cette façon, ces parties massives se refroidiront aussi vite que les parties plus minces.

Nous recommandons très vivement ces dispositifs avec jets. Toutes les bâches de trempe doivent en avoir un ou plusieurs.

On peut également, ainsi, durcir plus énergiquement certains outils ou certaines parties d'outils.

Les récipients contenant les bains de trempe doivent être de dimensions appropriées aux outils à tremper, c'est-à-dire que le liquide doit être assez abondant pour ne pas s'échauffer sensiblement pendant les opérations de trempe. Pour la trempe à l'eau, si l'on possède de l'eau courante, c'est encore le meilleur procédé.

Si l'on trempe à l'huile ou à la graisse, on doit entourer les récipients d'une circulation d'eau pour les refroidir.

BACHE AVEC JET

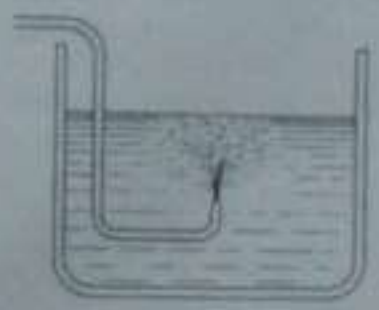


Fig. 12bis

Avoir soin, également, de plonger les outils au milieu du bain et non sur les bords, et les agiter pour éviter les gaines de vapeur, comme expliqué précédemment.

Pour limiter les tensions internes qui se produisent dans la partie centrale d'une grosse pièce trempée à l'eau (voir ci-après), il est bon de la retirer du bain avant refroidissement complet (vers 100 à 150°) et de la plonger dans un bain d'huile.

De cette façon, la partie centrale sera trempée beaucoup moins énergiquement et pourra servir de soutien à la partie trempée.

On peut obtenir le même résultat en réglant le temps de chauffage pour la trempe, afin que la pièce ne soit pas chauffée jusqu'à cœur.

Ces procédés sont employés avantageusement pour les outils ne travaillant que par leurs arêtes extérieures, tels que les fraises, tarauds, etc.

Déformations et tensions internes. — Un outil présente rarement une section uniforme dans toute sa longueur. De plus, il possède en général des arêtes vives. Il en résulte que, malgré toutes les précautions prises, toutes les parties de l'outil ne sont pas à la même température au moment de la trempe et, après immersion dans le bain, ne se refroidissent pas avec la même rapidité.

Il s'ensuit que les phénomènes de transformation du métal ne se produisent pas au même moment dans toute la masse de l'outil.

Chaque zone subit d'abord une contraction jusqu'au point de transformation Ar, puis, à ce point, une dilatation brusque. Ce point dépassé, la contraction reprend jusqu'à complet refroidissement. Ces contractions et dilatations se produisent à des périodes différentes dans les diverses parties de l'outil et, de plus, à des températures relativement basses (300° environ), c'est-à-dire lorsque le métal a déjà pris une grande dureté; elles se traduisent par des déformations, des tensions et un état de déséquilibre interne pouvant amener la rupture de la pièce si les tensions dépassent la résistance du métal. Ces ruptures s'appellent « tapures de trempe ».

C'est ainsi que, dans une grosse pièce en acier dur, chauffée à cœur et trempée, l'extension de la partie centrale, au moment où elle atteint le point de transformation, peut en provoquer l'éclatement.

Une pièce trempée énergiquement se trouve donc souvent en état de déséquilibre, et toujours en état de tension. Aussi arrive-t-il souvent que le moindre effort supplémentaire, choc, froid, vibration dus au travail de l'outil, s'ajoutant aux tensions existantes, suffit pour provoquer une rupture de la pièce.

Quelquefois même, ces ruptures se produisent longtemps après la trempe et en dehors du travail, par exemple sous l'influence d'un choc accidentel, de la gelée, etc. Dans ce cas, surtout pour les grosses pièces, elles s'accompagnent d'éclats projetés avec violence à des distances considérables.

On comprend également que les tapures se produiront plus facilement à la trempe, dans les changements brusques de section et dans les angles vifs ou rentrants.

Les déformations sont particulièrement à craindre dans les pièces longues, de forme et d'épaisseur irrégulières. On les limite par des dispositifs de trempe appropriés, ou en prenant des aciers permettant l'emploi de bains dont l'action est plus douce.

Les tensions de trempe sont diminuées par le **revenu.**

IV. — REVENU

Le revenu a pour but de diminuer la fragilité donnée par la trempe, mais, comme il diminue en même temps la dureté de l'outil, l'opération doit être menée avec soin et arrêtée juste au moment voulu pour conserver à l'outil la dureté qui lui est nécessaire.

L'opération du revenu consiste en un chauffage généralement à basse température et, de toutes façons, en dessous du point de transformation Ac. Après chauffage, l'outil est refroidi par un procédé quelconque.

La transformation de la martensique en sorbite (fig. 10) ne se produit guère en dessous de 200°, de sorte que les revenus pratiqués jusqu'à cette température ne diminuent pas la dureté du métal. Comme ce léger revenu, par contre, atténue déjà les tensions de trempe, nous le recommandons pour tous les outils, quelle que soit la qualité d'acier avec laquelle ils ont été exécutés.

PROCÉDÉS DE REVENU

a) **Revenu par l'intérieur.** — Le revenu peut suivre immédiatement la trempe. Dans ce cas, l'outil est retiré du bain avant refroidissement complet pour que la chaleur de la partie qui n'a pas été immergée ou la chaleur intérieure de l'outil, si l'immersion a été complète, permette, par conductibilité, d'obtenir le revenu cherché. Le revenu atteint, on refroidit l'outil à l'eau.

Ce procédé s'emploie pour les outils simples tels que les burins, tranches, outils de coupe, etc., qui ne sont trempés qu'à une extrémité.

b) **Revenu par l'extérieur.** — Pour les outils trempés en entier, le revenu se fait habituellement, après refroidissement complet, dans le bain de trempe. Dans ce cas, on réchauffe les outils par conductibilité ou rayonnement au moyen de barres ou de blocs rouges au feu, ou en les plaçant dans un bain de sable chaud.

Dans la fabrication des outils en série, on pourra utiliser un bain liquide. L'huile peut servir jusqu'à 300°. On peut aussi employer un bain de sel (50 % azotate de soude et 50 % azotate de potasse) avec lequel on peut faire revenir jusqu'à 600°.

De toutes façons, le revenu doit suivre immédiatement la trempe pour éviter les tapures dues aux tensions. Nous donnons, pour chaque qualité et emploi de nos aciers, la température de revenu la plus appropriée.

Les températures de revenu courantes sont pratiquement distinguées par les couleurs qu'elles font apparaître à la surface des aciers et qui sont dues aux pellicules d'oxydes. Ces couleurs vont du jaune paille (220°) au vert d'eau (330°) (voir tableaux pages 49-50). Mais il convient de rappeler qu'elles n'ont rien d'absolu, car elles dépendent de la nature de l'acier et, également, du temps de maintien à la température. C'est ainsi que si l'on maintient suffisamment longtemps un outil à 220°, sa couleur passe du jaune au vert.

PROCÉDÉS DE CHAUFFAGE POUR LA TREMPE

Chauffage au feu de forge. — Ce mode de chauffage demande une grande attention. Le combustible le meilleur est le charbon de bois ou, à la rigueur, le coke. La houille peut dégager, selon sa composition, des vapeurs sulfureuses risquant de détériorer l'acier.

Le foyer de chauffage est disposé de façon que le combustible forme voûte au-dessus de l'acier et ne le touche pas. Il faut éviter également que le vent de la tuyère ne vienne frapper directement l'outil qui risquerait d'être oxydé, principalement à la surface, laquelle subirait une décarburation superficielle.

Le chauffage doit être conduit avec soin. Il ne doit pas être trop lent, afin d'éviter la formation d'oxydes qui, en jouant le rôle de gaine protectrice, empêcherait l'outil de tremper régulièrement. Il ne doit pas être trop rapide, car les parties minces ou les angles, arrivant à la température de trempe beaucoup plus

vite que les parties massives, risqueraient d'être brûlées. On peut remédier à cet inconvénient en retirant la pièce du feu de temps à autre, pour refroidir les angles et les parties minces.

Vers la fin du chauffage, il est recommandé d'arrêter le soufflage, ce qui permet de mieux régulariser la température.

Le feu de forge permet de chauffer à toutes les températures entre 800 et 1300°. On l'utilise surtout pour le chauffage des outils de forme simple et, en général, trempés à une seule extrémité. Il permet difficilement le chauffage des outils et outillages compliqués ou devant être trempés en entier.

Lorsqu'on ne dispose absolument que d'un feu de forge, on peut améliorer et régulariser le chauffage en plaçant les outils dans un moufle de circonstance (creuset, tube, caisse en fonte fermée, etc.), que l'on chauffe au feu de forge.

Chauffage au four. — Le chauffage au four est plus facile à conduire et beaucoup plus régulier ; Il doit être recommandé dans tous les ateliers où l'on a souvent des outillages à tremper, même en petite quantité.

Les fours sont à chauffage direct ou à moufle ; ce dernier type évite le contact de la flamme avec les outils et doit être préféré, surtout, avec le chauffage à la houille ou au coke. On construit également des fours chauffés au gaz riche et aux huiles légères (essence, gaz oil) ou lourdes (mazouts).

Tous ces appareils peuvent donner de bons résultats, mais nous recommandons de préférence le four à gaz riche lorsqu'on dispose de ce combustible. Ce four est le plus facile à conduire et à régler ; on peut y réaliser sans difficulté toutes les températures de trempe de 800 à 1300° et, par suite, traiter tous les aciers. On peut également, en réglant convenablement les arrivées de gaz et d'air, obtenir dans le four une atmosphère réductrice, évitant la décarburation, ce qui permet le chauffage sans moufle qui est plus économique, car on n'a pas à chauffer la masse du moufle.

Les fours destinés à la trempe des aciers rapides comportent souvent deux compartiments : l'un pour le préchauffage de l'acier jusque vers 600 à 700°, l'autre pour atteindre rapidement les températures de trempe élevées des aciers rapides.

Les fours à huiles viennent après les fours à gaz au point de vue de la facilité de conduite ; ils peuvent chauffer aux températures les plus élevées.

Les fours à charbon ou à coke sont beaucoup plus lents à mettre à température et leur réglage demande plus de soins. Leur installation est plus simple et moins coûteuse ; ils donnent également de bons résultats.

Fours à bain. — Les fours à bain assurent le chauffage le plus régulier. Ils permettent de porter les outils exactement à la température visée sans crainte de la dépasser, en réglant le bain à cette température. Ils évitent également toute espèce d'oxydation.

Ces avantages en font le meilleur mode de chauffage et nous en recommandons l'emploi, notamment pour les fabrications d'outils et d'outillages en série. Il faut observer, toutefois, que ces fours ne permettent pas d'atteindre pratiquement les hautes températures. Le bain de plomb est très bon jusqu'à 900 à 950°,

mais il ne faut pas aller au delà, en raison des vapeurs nocives qui se dégageraient à la surface du bain. Il convient, d'ailleurs, de protéger cette surface de l'oxydation en la recouvrant d'une couche mince de charbon de bois.

Pour les bains de sel, on ne dépasse pas 1000° en pratique.

Les fours à bain ne conviennent donc pas à la trempe des aciers rapides ; ce sont, par contre, les meilleurs pour le traitement des aciers au carbone et de la plupart des aciers spéciaux.

(Nous sommes à la disposition de nos Clients pour leur fournir des plans d'installation de fours à bain de plomb) (voir fig. 14, page 54.)

CONTROLE DES TEMPÉRATURES - PYROMÈTRES

Les températures de trempe sont appréciées souvent avec assez d'exactitude par des ouvriers, mais, pour avoir toute la précision et la sécurité désirables, il est préférable de les contrôler avec des pyromètres. On trouve, dans le commerce, de bons appareils, suffisamment robustes pour être mis entre les mains du personnel d'ateliers. Ces appareils sont de trois types :

1° Le pyromètre à canne avec couple thermo-électrique et galvanomètre ;

2° Le pyromètre à radiation calorifique (lunette et télescope Féry, etc.) ;

3° Le pyromètre à radiation lumineuse (type Vanner, etc.).

Les premiers sont d'un emploi très facile et conviennent très bien pour mesurer les températures jusque vers 1000° ; au delà, il faut employer des couples de platine et platine rhodié, qui coûtent très cher, et dont l'entretien est assez onéreux.

Les pyromètres optiques et calorifiques conviennent pour la mesure des températures à partir de 700° environ, jusqu'aux plus élevées ; leur maniement est plus délicat que celui des pyromètres à canne. Nous recommandons l'emploi des premiers pour des températures jusqu'à 1000°, et des seconds pour les températures supérieures.

Les pyromètres à couple thermo-électrique se dérèglent rapidement à l'usage, et il convient de les vérifier très fréquemment pour éviter des erreurs d'autant plus dangereuses que les services de trempe se reposent, en général, avec toute quiétude sur les indications données par ces instruments. Nous indiquons plus loin les moyens qui peuvent être employés pour leur vérification.

Nous ne saurions trop insister sur cette question, nous étant nous-mêmes, rendus compte **des erreurs importantes entraînées par le déréglage des pyromètres**.

Ces appareils délicats se déréglent facilement et fréquemment ; il faut donc les vérifier périodiquement et systématiquement. C'est ce que nous faisons dans nos Usines tous les huit jours, et les chiffres relevés à chaque vérification montrent que cette opération est indispensable.

Ces précautions ne doivent pas supprimer le contrôle de l'œil de l'opérateur, qui pourra ainsi éviter des erreurs grossières, observées quelquefois par suite du déréglage important du pyromètre.

Pour éviter la détérioration rapide des couples, nous recommandons de protéger l'extrémité des cannes par une gaine en métal inoxydable. Nos tubes en alliage Uranus donnent toute satisfaction pour cet usage.

Dans le contrôle pyrométrique d'une opération de chauffage, il faut tenir compte du fait que le pyromètre indique seulement la température du point du four où se trouve le couple. On ne peut en déduire des indications sur le chauffage d'un outil ou d'un outillage qu'autant que le couple est placé à proximité, que l'outil est chauffé d'une façon bien uniforme et qu'il est arrivé à l'état d'équilibre de température avec le four.

D'autre part, la déviation de l'aiguille du galvanomètre et, par suite, la température lue sur l'échelle, dépend de la différence de températures entre la soudure chaude et la soudure froide. Il est donc indispensable de connaître la température de la soudure froide et de faire la correction nécessaire. D'une façon générale, les étalonnages sont faits pour une température de soudure froide de 20°. On ajoutera donc, à la température lue sur la graduation du galvanomètre, la différence entre la température réelle de la soudure froide et 20° si la première est plus élevée que 20°, ou l'on retranchera cette différence dans le cas contraire.

La température de la soudure froide est déterminée au moyen d'un thermomètre. Cet appareil est quelquefois contenu dans la poignée de la canne pour certains modèles.

Dans l'emploi du pyromètre optique, on vise la pièce dont on veut mesurer la température, mais **il faut prendre soin qu'aucune flamme ne vienne s'interposer** à ce moment, entre la lunette et la pièce, car c'est la température de la flamme et non celle de la pièce qui serait mesurée.

ÉTALONNAGE DES PYROMÈTRES A COUPLE

La vérification des pyromètres peut se faire soit directement, soit par comparaison avec un pyromètre étalon. On peut également étalonner avec un couple seul en combinant les deux méthodes.

Etalonnage direct. — Cette méthode ne peut s'employer que lorsque la soudure chaude du couple peut être mise à nu. On utilise dans ce procédé les points de fusion de certains corps **purs**, en général des suivants :

Antimoine.	630°	(Il est préférable de n'utiliser le même sel que pour trois ou quatre mesures et de le remplacer ensuite.)
Chlorure de sodium . . .	800°	
Argent	960°	
Or	1063°	

On fond dans un petit creuset - à paroi suffisamment épaisse pour former un certain volant de chaleur - une quantité convenable du corps choisi, qui doit être chimiquement pur, pour que le point de fusion soit précis. On plonge ensuite la soudure nue du couple au centre du bain, puis on laisse refroidir en suivant le déplacement de l'aiguille du galvanomètre sur son échelle. Lorsqu'elle marque un temps d'arrêt, la division correspondante de l'échelle indique la température du point de fusion du corps choisi.

On répète cette opération pour un deuxième corps à point de fusion différent, et l'on admet que la courbe de correspondance entre les deux points trouvés est une ligne droite.

On peut déterminer ensuite tous les points intermédiaires.

ÉTALONNAGE PAR COMPARAISON

Dans cette méthode, on compare le pyromètre à vérifier avec un pyromètre étalon réservé uniquement aux vérifications, lequel peut être lui-même contrôlé par la méthode directe que nous venons de décrire.

Pour la vérification, on place les deux couples côte à côte, dans un four à température aussi uniforme que possible, et de préférence dans un bain. Pour l'exactitude de l'expérience, il est recommandé de placer les couples dans un tube borgne, plongé lui-même dans le four ou le bain.

On choisira comme pyromètre étalon un appareil de bonne construction comportant un galvanomètre précis, aussi robuste que possible. Quant au couple, le mieux est d'employer le platine-platine rhodié.

Cette méthode représente la meilleure solution, mais le pyromètre étalon est coûteux, à cause du prix très élevé du platine et de la valeur des galvanomètres de précision.

On pourra réduire la dépense en employant la méthode mixte décrite ci-après.

ÉTALONNAGE MIXTE

Ce procédé comporte seulement l'emploi d'un couple étalon supplémentaire en nickel-alliage (nickel-chrome), qui sert pour l'étalonnage du galvanomètre et du couple du pyromètre à vérifier. Ce couple étalon est suffisamment stable et précis pour remplacer le platine-platine rhodié dans la vérification des appareils d'atelier, et son prix est beaucoup plus réduit.

On étalonnera d'abord le galvanomètre pour deux points correspondant à la température de fusion de deux corps, choisis de préférence dans la zone d'utilisation. Cette opération se fait, comme décrit dans le premier procédé (1°), à l'aide du couple étalon.

On procède, ensuite, à la vérification du couple du pyromètre avec le couple étalon, en procédant comme dans le cas précédent (2°) ce dernier étant, d'abord, relié au galvanomètre qui vient d'être étalonné.

On s'arrangera pour stabiliser la température du four au voisinage de l'un des deux points déjà étalonnés par la méthode directe. A ce moment, on notera la température lue, et l'on débranchera le couple étalon du galvanomètre pour y brancher le couple à vérifier. L'aiguille de l'appareil indiquera, à ce moment, le point correspondant à la température lue précédemment avec le couple étalon.

En agissant de la même façon pour le deuxième point de fusion étalonné directement, on obtiendra deux points exacts sur l'échelle du galvanomètre.

On aura ainsi déterminé la correction qu'il convient d'apporter aux chiffres lus sur le galvanomètre, dans les mesures faites ensuite avec le pyromètre.

Dans toutes ces mesures, on doit tenir compte des températures de la soudure froide, comme il a été dit précédemment page 30 et corriger les lectures sur l'échelle du galvanomètre en conséquence.

Il est recommandé de se tenir dans une ambiance de 20° et de maintenir constante cette température.

Toutes les fois qu'il sera possible, on y arrivera facilement en plongeant la soudure froide dans l'eau d'un récipient, qui y est maintenue constamment à 20°.

Il est indispensable de remarquer, en outre, que l'on doit toujours étalonner et vérifier ensemble le montage complet, couple, cordons et galvanomètre, tout changement dans l'un de ces éléments devant amener une nouvelle vérification.

DÉFAUTS OBSERVÉS SUR LES ACIERS TREMPÉS

TABLEAU DES DÉFAUTS. — CAUSES ET REMEDES

On trouvera plus loin (pages 47-48) un tableau sur lequel nous avons résumé les principaux défauts des aciers trempés avec l'indication des diverses causes qui ont pu les provoquer et des remèdes à appliquer dans chacun des cas.

Nous donnons, ci-après, quelques renseignements explicatifs sur certaines de ces défectuosités.

SURCHAUFFE AVANT TREMPE. — GROSSEUR DU GRAIN

Les températures de trempe indiquées pour chaque qualité sont celles qui conviennent à la plupart des cas ; on peut les faire varier très légèrement, en plus ou en moins, suivant la dimension, la forme et l'emploi des outils. Les outils minces et ceux de faible section, dont le refroidissement est plus rapide, peuvent être chauffés un peu moins ; on augmentera légèrement la température pour les gros outils. En observant les températures indiquées, on obtient pour chaque qualité d'acier la dureté la plus grande, compatible avec un emploi convenable de l'outil, et la texture du métal est **très fine.** Si ces températures ne sont pas atteintes, la dureté **est moindre ;** si elles sont dépassées, la dureté est **très grande,** mais les risques de tapures augmentent en même temps, et l'outil devient très fragile ; ce défaut est révélé à la cassure par la **texture plus grossière du métal,** dont le grain est d'autant plus gros et plus brillant que les températures ont été plus largement dépassées ; il s'accompagne très souvent de tapures. Ainsi qu'on le verra ci-après (hypertrempe) le chauffage exagéré de certains aciers spéciaux peut même diminuer le durcissement après trempe et aller jusqu'à empêcher la trempe.

HYPERTREMPE

On a vu, précédemment, que la trempe rejette le point de transformation aux températures basses, jusque vers 200 à 300°. Ce résultat est obtenu avec les refroidissements rapides. Si on emploie des vitesses de refroidissement **trop grandes,** particulièrement avec certains aciers spéciaux, chargés en éléments étrangers, dont la transformation est assez lente, il peut arriver que celle-ci ne puisse plus se produire. Le

métal conserve la texture austénitique (fig. 12), à gros grain, et ne durcit pas. Dans cet état, l'acier est beaucoup moins magnétique que le métal trempé normalement ; on peut s'en rendre compte en le tâtant avec un aimant.

Ce défaut, appelé **hypertrempe,** peut se rencontrer aussi, comme nous l'avons vu, lorsque l'outil a été trempé à une température trop élevée, ce qui augmente l'énergie de la trempe en produisant les mêmes effets que dans le cas précédent.

On ramènera le métal dans son état normal par un nouveau traitement pratiqué avec un bain moins réfrigérant et à la température de trempe convenable.

DÉCARBURATION SUPERFICIELLE

Lorsque l'acier a été chauffé dans une **atmosphère oxydante,** le carbone de l'acier peut brûler en partie, de sorte que la couche superficielle se trouve moins carburée ; elle trempera donc moins facilement et **sa dureté sera plus faible** que si elle avait conservé sa composition normale. Cet inconvénient est d'autant plus à craindre que la température de trempe est plus élevée et le maintien à cette température plus prolongé.

Dans la pratique, ce défaut se produit très fréquemment ; lorsqu'on constate une dureté insuffisante après trempe, on incrimine souvent le métal, alors que le chauffage effectué dans de mauvaises conditions est seul en cause. On le reconnaît assez facilement par le tâtage à la lime ; cet outil mord sur la couche superficielle pour glisser, ensuite, en arrivant un peu plus profondément sur le métal normal durci par la trempe.

On évitera la décarburation en veillant à ce que la température normale de trempe ne soit pas dépassée et maintenue juste le temps nécessaire pour qu'elle soit bien régulière. Il faut aussi **éviter le feu oxydant,** surtout lorsque l'outil arrive près de sa température de trempe. Malgré ces précautions, les arêtes des outils de coupe sont souvent légèrement décarburées, et il est bon de les meuler sur 1/2 % de profondeur avant de les mettre en service. Cette observation s'applique spécialement aux aciers rapides trempés à des températures très élevées, ce qui facilite la décarburation pendant le chauffage.

Les chauffages pour le forgeage, le laminage et même le recuit des aciers les décarburent également en surface ; ce défaut n'offre pas beaucoup d'inconvénients, car la couche décarburée, très mince, disparaît habituellement à l'usinage ou au meulage des outils. Mais il ne faut pas s'étonner de trouver des duretés insuffisantes en trempant un acier brut ; cette pratique n'est, d'ailleurs, jamais recommandable.

TAPURES

Ainsi qu'on l'a vu précédemment, les tensions de trempe, dépassant la résistance du métal, provoquent les tapures de trempe. Toutes les causes pouvant produire des tensions ou les développer augmentent donc les risques de tapures. C'est le cas de la surchauffe, de l'irrégularité de chauffage et de refroidissement d'une trempe trop vive pour un outil de forme compliquée exécuté avec un acier dur. Il faut éviter aussi

les traits d'outils, les angles vifs, surtout les angles rentrants, qui seront remplacés avantageusement par des arrondis, même de faible rayon. Les changements brusques de section, les étranglements sont également dangereux et à éviter dans la mesure du possible ou à raccorder aux autres parties par des arrondis.

Lorsque la forme d'un outil en rend la trempe à l'eau difficile et dangereuse, employer de préférence un acier spécial trempant à l'huile ou à l'air.

TAPURES DE MEULAGE

Les aciers trempés sont fragiles et, si l'on chauffe rapidement la surface d'un outil trempé, les dilatations irrégulières qui en résultent peuvent entraîner des **tapures superficielles**. Ce défaut se produit fréquemment si l'on meule sans précaution le taillant d'un outil trempé : on voit apparaître un réseau de craquelures fines, qui s'approfondissent en continuant le meulage.

Pour les éviter, on utilisera une meule douce, **arrosée abondamment**, dont les grains s'arrachent plutôt que de se glacer et sur laquelle les outils seront meulés avec une faible pression.

RÉGÉNÉRATION DE L'ACIER DÉTÉRIORÉ PAR LE FEU

Le métal peut être détérioré pendant le chauffage nécessité par les opérations de forgeage, de recuit ou de trempe ; cette détérioration est plus ou moins prononcée, suivant les températures et la façon dont le chauffage a été effectué.

L'acier est *brûlé* lorsque les températures indiquées pour ces opérations ont été *considérablement* dépassées. Dans cet état, le métal est dénaturé, il présente des criques, se désagrège lorsqu'on le forge, se fend lorsqu'on le trempe et ne peut être amélioré par aucun traitement.

L'acier est **surchauffé** lorsque ces températures ont été franchement dépassées. Il se forge normalement, mais possède une texture à grains cristallins d'autant plus grosse que la température a été plus élevée et maintenue pendant plus longtemps.

L'acier surchauffé peut être régénéré à l'aide des traitements indiqués ci-après :

SURCHAUFFE A LA FORGE

Lorsqu'un acier a été surchauffé à la forge, au cours de la fabrication d'un outil, si celui-ci n'a pas encore reçu sa forme définitive, le forgeage terminé au rouge sombre suffira généralement pour rendre au métal sa texture normale.

Si l'outil ne peut plus être forgé, une simple trempe à l'air ou à l'huile resserrera convenablement le grain du métal, à moins toutefois que la surchauffe n'ait été trop forte ; dans ce cas, on effectuera une première trempe à l'air à une température assez élevée (100° environ au-dessus de la température normale de trempe) que l'on fera suivre d'une deuxième trempe à l'huile à la température normale.

SURCHAUFFE AU RECUIT

Lorsque la surchauffe n'est pas trop forte, ce qui est le cas le plus général, une simple trempe à l'air, à une température légèrement supérieure à la température normale de trempe (100° environ) suivie du nouveau recuit, suffira à rendre au métal sa texture normale.

Si la surchauffe est plus importante, on fera précéder le nouveau recuit de la double trempe indiquée ci-dessus.

SURCHAUFFE A LA TREMPE

Lorsqu'un outil a *été* trempé à une température notablement supérieure à celle indiquée pour le métal correspondant, il se produit habituellement des tapures qui le rendent inutilisable, et les cassures faites dans la partie trempée de l'outil présentent une texture à grains, d'autant plus grossiers et brillants que la température a été plus élevée et maintenue pendant plus longtemps.

Si la surchauffe est moindre, les tapures de trempe ne se produisent plus, mais l'outil est fragile et ses arêtes s'égrènent dès sa mise en service; ce défaut se révèle également à la texture granuleuse et blanche du métal. Dans ce cas, on peut régénérer l'acier en procédant, comme indiqué plus haut, par une simple trempe à l'air ou à l'huile, ou une double trempe à l'air et à l'huile, suivant l'importance de la surchauffe.

Le chauffage pour l'application du traitement ci-dessus à un outil trempé devra être fait *lentement* et sur un *feu doux*, de façon à éviter les tapures que produirait invariablement le chauffage rapide des parties trempées de l'outil.

Les traitements spécifiés plus haut permettront, au cours de la fabrication d'un outil, de rendre au métal surchauffé sa texture normale et de procéder ensuite, dans de bonnes conditions, à sa trempe définitive. Toutefois, les chauffages successifs auront pu décarburer superficiellement le métal.

SOUDAGE DE L'ACIER

Le soudage de l'acier peut se faire soit au chalumeau acétylénique (soudure autogène) soit à l'électricité, soit au feu de forge ou avec chauffage dans un four.

Les deux premiers procédés, qui se sont beaucoup développés ces dernières années, sont utilisés, surtout, lorsqu'on doit faire couramment des opérations de soudage : ils nécessitent des appareils appropriés construits par des spécialistes auprès desquels on trouvera tous les renseignements utiles. Ils permettent de souder la plupart des qualités d'acier, y compris les aciers spéciaux.

Avec le feu de forge, il n'est pas possible de souder les aciers spéciaux, mais seulement les aciers au carbone **très purs** dont la dureté n'est pas trop élevée. Nos aciers fondus au carbone se soudent facilement dans les duretés 4, 5, 6, contenant de 0,8 à 0,6 de carbone ; on peut même, en prenant des précautions, souder les duretés plus accentuées n°s 2 et 3 contenant jusqu'à 1 % de carbone, mais nous recommandons à nos clients de nous signaler, sur leurs commandes, les aciers qu'ils veulent employer à cet usage.

Pour souder deux morceaux d'acier, il faut préparer d'abord le raccordement des parties à souder ; pour cela, on peut soit couper les extrémités en biseau sur 40 à 50 m/m environ de longueur, de façon que les amorces puissent se recouvrir, soit tailler une des extrémités en forme de fourche et l'autre en forme de pointe, de manière que les parties puissent s'engager l'une dans l'autre.

On chauffe ensuite les deux morceaux ainsi préparés à la température convenable, qui varie du jaune pour l'acier dur, au blanc pour l'acier doux, en les saupoudrant, de temps en temps, de borax ou d'un mélange de borax et de limaille de fer pour les empêcher de s'oxyder. Lorsque la température de soudage est atteinte, **retirer** du feu les deux morceaux, les **rouler** dans le borax, **rapprocher** vivement les deux extrémités préparées, **saupoudrer** de nouveau la soudure et procéder en martelant d'abord à **petits coups.** Il est généralement préférable de faire subir une deuxième chaude à la soudure avec emploi de borax et nouveau martelage. Enfin, terminer en forgeant l'acier comme à l'ordinaire.

Si, après l'opération, l'acier présente des criques, c'est que la température a été trop élevée et que le métal est *brûlé*.

Le borax du commerce est trop hydraté pour pouvoir être employé tel quel. On lui enlève son humidité en le faisant fondre dans un récipient d'acier, où il se boursoufle et devient vitreux. On le coule alors sur une tôle propre, après refroidissement on le casse et on le réduit en poudre qu'on passe sur un tamis fin.

ÉTABLISSEMENTS JACOB HOLTZER
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 10.000.000 DE FRANCS
FORGES ET ACIÉRIES D'UNIEUX (LOIRE)

INDICATIONS SUR LA TREMPE

DES PRINCIPAUX OUTILS EMPLOYÉS DANS LES ATELIERS

(outils en acier au carbone ou en acier spécial trempant à l'eau)

Les procédés que nous décrivons ci-après s'appliquent aux cas généraux de la pratique; ils ne sont pas exclusifs et peuvent être modifiés suivant les circonstances. Nous sommes toujours à la disposition de nos Clients pour leur fournir tous les renseignements complémentaires qui pourraient leur être utiles.

Alésoirs. — Procéder d'abord à un recuit avant trempe, pour annuler les effets de l'écrouissage dus à l'usinage.

Effectuer le chauffage dans un bain de plomb ou dans un moufle, au milieu de poussier de charbon. Si l'on chauffe à feu ouvert, employer de préférence le charbon de bois.

Pour tremper, plonger l'outil chaud verticalement dans l'eau en lui donnant un mouvement de haut en bas et de bas en haut. Le retirer avant le refroidissement complet pour le faire revenir aussitôt. On peut encore plonger l'outil verticalement et brusquement dans l'eau, jusqu'à ce que les dents soient noires. A ce moment, on le retire et on l'immerge rapidement dans un bain d'huile jusqu'à complet refroidissement.

Bouchardes. — Il est préférable d'opérer le chauffage des pointes par conductibilité. On chauffera donc en arrière des pointes. Toutes les pointes doivent être à la même température. Lorsque la température est atteinte, on plonge l'outil dans du suif jusqu'à l'œil. Après un tâtage des pointes à la lime, on fait revenir en conséquence.

Bouterolles à main. — Chauffer les pièces sur une hauteur dépassant de 2 à 3 centimètres le fond de la cuvette, et bien uniformément, de manière que les bords ne soient pas plus chauds que le reste, la température allant en décroissant progressivement vers l'arrière.

Tremper en immergeant dans l'eau. Si la bouterolle est assez grosse, activer le refroidissement du fond par un jet d'eau.

On peut faire revenir soit par l'intérieur, soit par l'extérieur.

On peut encore chauffer comme à l'ordinaire, tremper à l'eau jusqu'au noir et plonger ensuite dans la graisse jusqu'à complet refroidissement.

Bouterolles pneumatiques. — Chauffer ces pièces en entier et bien régulièrement ; les tremper en les immergeant verticalement et complètement dans l'eau, la queue de la bouterolle la première. Diriger ensuite un jet d'eau sous pression dans le centre de la cuvette, celle-ci étant toujours immergée de quelques centimètres sous le niveau de l'eau.

Revenu extérieur au jaune de l'ensemble de la bouterolle, en plaçant celle-ci dans un bain de sable (par exemple).

Broches d'étirage. — Ces pièces étant trempées sur toute leur longueur, le chauffage est particulièrement délicat et doit se faire, de préférence, dans un moufle ou au bain de plomb.

La trempe peut s'effectuer soit complètement à l'eau, en la faisant suivre d'un revenu, soit en immergeant d'abord dans l'eau pour faire tomber la température et laissant ensuite complètement refroidir dans l'huile, sans revenu.

Enfin, on peut tremper à l'huile ou à la graisse.

Burins. — On ne chauffe que jusqu'à 15 ou 20 millimètres du taillant du burin, la température allant en décroissant progressivement à partir de cette limite.

La trempe s'effectue en plongeant l'outil verticalement dans l'eau et en le promenant jusqu'à ce qu'il soit noir.

Faire le revenu par l'intérieur.

Cisailles circulaires. — Ces outils sont chauffés en entier et la trempe s'effectue soit à l'huile, soit, tout d'abord, à l'eau rapidement, puis ensuite dans l'huile.

Effectuer le revenu avec soin par l'extérieur, de manière que la dureté du taillant soit bien uniforme.

Coins à frapper. — Chauffer ces pièces dans des caisses fermées avec du poussier de charbon ou des rognures de corne, de manière à éviter l'oxydation de la gravure.

Tremper en immergeant la pièce et en projetant un jet d'eau sur la partie gravée.

Le revenu s'effectue par l'arrière. Prendre des précautions pour qu'il soit bien uniforme sur tous les points de la face du coin.

Coins à graver. — Voir « Coins à frapper ».

Coussinets de filières. — Procéder d'abord à un recuit avant trempe pour annuler les effets de l'écrouissage dus à l'usinage.

Chauffer dans un bain de plomb ou dans un moufle, au milieu de poussier de charbon. Si l'on chauffe à feu ouvert, employer de préférence le charbon de bois.

La trempe se fait à l'eau, à l'huile ou au suif. Comme il ne convient de tremper que la partie qui travaille, on peut employer le même procédé que pour les tarauds et tremper la pièce successivement à l'eau et à l'huile.

Le revenu s'effectue au jaune paille.

Crapaudines. — Les parties travaillantes de ces outils sont, en principe, seules trempées.

La trempe s'effectue en immergeant la pièce entièrement dans l'eau, la face travaillante la première, autant que possible au-dessus d'un courant d'eau ascendant.

Emporte-Pièce. — Le chauffage se fait de préférence en vase clos.
Tremper à l'huile ou au suif, le dos en avant.
Le revenu s'effectue par l'arrière.

Etampes. — Ces outils doivent être recuits avant trempe.

Le chauffage se fait de préférence dans un moufle, en vase clos ou dans un bain de plomb, de manière à obtenir une chaleur uniforme et à ne pas surchauffer les taillants et les angles vifs.

Les procédés de trempe sont très variés, suivant la forme et la destination des pièces.

En principe, on trempe seulement les parties qui travaillent, sauf pour les outils minces risquant de se voiler et ceux de petites dimensions, qu'on trempe en entier.

La trempe s'effectue à l'eau et généralement au jet.

Le revenu se fera de préférence par l'extérieur.

Filières d'étirage. — Ces pièces sont recuites après ébauchage.

Le chauffage du trou de filière doit être très régulier.

Le trou seul est fortement trempé à l'eau, à l'aide d'un jet ou même de deux jets opposés, si l'épaisseur est assez forte.

Les faces qui ne sont pas trempées sont garanties du contact de l'eau au moyen de morceaux d'amiante maintenus en place par des rondelles métalliques. L'emplacement du trou de filière seul est dégagé.

Si la plaque comporte plusieurs trous, on la trempe entièrement dans l'eau ; on la prosène alors de haut en bas dans la bâche de trempe, devant des jets disposés en conséquence.

Ces pièces ne sont pas revenues.

Fraises. — Le chauffage de ces pièces doit être fait avec beaucoup de soin, de manière que la température soit bien uniforme et que les arêtes vives ne prennent pas une température plus élevée que le reste de la pièce.

Le chauffage se fera au four à moufle ou dans un moufle improvisé. Dans tous les cas, tourner souvent les outils pour répartir convenablement la chaleur.

La trempe peut s'effectuer au suif, à l'huile ou à l'eau.

Dans le cas de la trempe des fraises à l'eau, on imprime à la pièce quelques tours à la main jusqu'à ce qu'elle soit devenue noire, puis on la plonge rapidement dans l'huile où on la laisse refroidir.

Si une fraise présente des dimensions qui pourraient faire craindre pour sa sécurité, il est bon de protéger les deux faces planes par des rondelles maintenues par un boulon passant au centre de la fraise. On trempe au moyen d'un jet d'eau circulaire frappant les dents pendant une minute à une minute et demie ; puis on finit de refroidir dans un bain d'huile. Le trou intérieur est ainsi protégé de la trempe et la contraction générale peut se faire sans crainte de tapures.

Les fraises creuses sont trempées intérieurement au moyen d'un jet d'eau lancé dans le trou.

Les fraises à bois, généralement de formes compliquées, reçoivent plutôt une trempe à l'huile ou au suif sans revenu.

On fait habituellement revenir les fraises par l'extérieur en introduisant dans le trou central des roodins appropriés portés au rouge.

Forets. — Le chauffage de ces pièces doit être fait avec beaucoup de soin, de manière que la température soit bien uniforme et que les arêtes vives ne prennent pas une température plus élevée que le reste de la pièce.

Le chauffage se fera au four à moufle ou dans un moufle improvisé. Dans tous les cas, retourner souvent les outils pour répartir convenablement la chaleur.

La trempe peut s'effectuer au suif, à l'huile ou à l'eau.

Grains. — Les parties travaillantes de ces outils sont, en principe, seules trempées.

La trempe s'effectue en immergeant la pièce entièrement dans l'eau, la face travaillante la première, autant que possible au-dessus d'un courant d'eau ascendant.

Les grains trempés sur les deux faces sont maintenus les faces verticales par des tenailles à pointes. On active le refroidissement par deux jets débouchant chacun sur une face.

Lames et autres outils longs et minces. — Les lames dont le taillant ne doit pas être nécessairement très dur (couteaux de papeterie, lames à couper le cuir, à raboter le bois, de hache-paille, etc.) et dont on pourrait craindre le voilement, sont trempées au suif, à la graisse ou à l'huile ; les autres sont trempées à l'eau, quelquefois avec jet.

Le chauffage de ces lames et de tous les outils à taillant doit être fait aussi progressivement et uniformément que possible, de manière à ne pas les surchauffer et à ne pas provoquer des tapures au moment du refroidissement.

Les lames minces et longues sont trempées en les présentant par le dos, bien régulièrement.

Il faut toujours boucher les trous situés dans les parties à tremper pour éviter des tapures.

Le revenu, lorsqu'il est nécessaire, se fait par l'extérieur et en partant du dos.

Les lames voilées à la trempe peuvent être redressées soit au moment du revenu, soit après. Cette opération est très délicate et demande beaucoup de soin. Suivant les circonstances, on se sert de presses ou du marteau ; lorsqu'on opère après le revenu, il est bon de chauffer légèrement l'outil (100° environ) pour donner au métal une certaine malléabilité.

L'aiguisage doit toujours être assez avancé avant la trempe pour que les lames ne demandent plus qu'une légère retouche après celle-ci.

Lames de Cisaille travaillant à froid. — Ces lames doivent être recuites avant de procéder à la trempe.

D'une manière générale, on ne trempe que le tranchant seulement.

Le chauffage s'effectue dans un four à réverbère, un moufle ou, encore mieux, dans un bain de plomb. Dans tous les cas, le chauffage doit être bien régulier et il importe de ne pas trop chauffer les angles. Avec le chauffage à feu ouvert, il est difficile d'obtenir une température uniforme, surtout si les lames sont longues et épaisses.

Si la lame comporte des trous dans la partie susceptible d'être portée au rouge et de prendre la trempe, les préserver de la trempe en les bouchant.

La trempe s'effectue à l'eau, en plongeant plus ou moins profondément la pièce. On peut aussi y adjoindre un jet qui vient s'épanouir sur la tranche à tremper.

Le revenu s'effectue par l'extérieur, soit au moyen de morceaux de fer rouge, soit au bain de sable, soit en plongeant le dos de la lame dans un bain de plomb, soit au charbon de bois.

Lames de Cisaille travaillant à chaud. — Elles ne sont généralement pas trempées. On emploie alors de l'acier relativement dur. On utilise aussi des aciers trempant à l'huile et, notamment, notre marque SPÉCIAL P.

Lames à cisailler les Tubes. — On peut les tremper à l'eau ou à l'huile, suivant la dureté de la lame.

Marques. — Ces pièces doivent être recuites avant la trempe. On ne chauffe que jusqu'à 15 ou 20% du bord de la marque, la température allant en décroissant progressivement à partir de cette limite.

La trempe s'effectue en plongeant verticalement l'outil dans l'eau et en le promenant jusqu'à ce qu'il soit noir.

Faire le revenu par l'intérieur.

Marteaux. — Si le marteau est de petite dimension, on le chauffe en entier; on trempe ensuite à l'eau d'abord la panne, puis la tête; on refroidit alternativement chacune de ces deux parties et enfin, lorsque la température est assez basse pour ne pas craindre la trempe, on plonge le marteau complètement dans l'eau.

Si le marteau est de grosse dimension, on trempe séparément chaque frappe en ayant soin, pendant le deuxième chauffage, de refroidir celle qui a été trempée, pour éviter de la recuire.

Marteaux de Moulin. — Chauffer au charbon de bois, à l'arrière de la pointe, sur une longueur de 20 à 30 millimètres, de manière que celle-ci ne soit pas, autant que possible, au contact de la flamme.

Tremper à l'eau sur une plus grande profondeur, en faisant varier la hauteur d'immersion et finir le refroidissement dans un bain de graisse.

Matrices à découper. — Tous ces outils doivent être recuits avant trempe.

Dans tous les cas, le chauffage se fait de préférence dans un moufle, en vase clos ou dans un bain de plomb, de manière à obtenir une chaleur uniforme et à ne pas surchauffer les taillants et les angles vifs.

Les procédés de trempe sont très variés, suivant la forme et la destination des pièces.

En principe, on trempe seulement les parties qui travaillent, sauf pour les outils minces risquant de se voiler et ceux de petites dimensions, qu'on trempe en entier.

La trempe s'effectue à l'eau et généralement au jet.

Pour ces pièces, il est bon de protéger par des dispositifs appropriés les parties qui n'ont pas à être trempées, laissant à découvert les taillants sur lesquels l'eau est projetée.

Le revenu se fera de préférence par l'extérieur.

Mèches. — Le chauffage de ces pièces doit être fait avec beaucoup de soin, de manière que la température soit bien uniforme et que les arêtes vives ne prennent pas une température plus élevée que le reste de la pièce.

Le chauffage se fera au four à moufle ou dans un moufle improvisé. Dans tous les cas, tourner souvent les outils pour répartir convenablement la chaleur.

Outils de Tour. — Chauffer bien uniformément l'extrémité du côté du taillant, sur une longueur de 15 à 20 millimètres seulement, de manière que la température aille ensuite en décroissant progressivement.

Plonger l'outil verticalement dans l'eau, le taillant le premier, sur une hauteur de 25 à 30 millimètres et lui imprimer un mouvement de va-et-vient.

Si l'outil doit être revenu par l'intérieur, arrêter le refroidissement suffisamment à temps ; blanchir le taillant si cela est nécessaire et veiller à ce que la couleur du revenu monte régulièrement vers le taillant.

Dans le cas contraire, lorsque l'outil n'est plus rouge, le placer debout, l'extrémité plongeant d'une dizaine de millimètres dans l'eau, jusqu'à complet refroidissement. Procéder au revenu en chauffant l'outil par l'arrière du taillant.

Outils de Raboteuse. — Voir « Outils de Tour ».

Pioches de Moulin. — Voir « Marteaux de Moulin ».

Pivots. — Voir « Crapaudines ».

Poinçons. — On procède au chauffage de manière que la température aille en décroissant le long du poinçon, à partir des arêtes travaillantes.

La trempe s'effectue en plongeant le poinçon verticalement dans l'eau et en lui imprimant un mouvement de va-et-vient.

Le revenu se fait soit par l'intérieur, soit par l'extérieur.

Tarauds. — Procéder d'abord à un recuit avant trempe, pour annuler les effets de l'écrouissage dus à l'usinage.

Effectuer le chauffage dans un bain de plomb ou dans un moufle, au milieu de poussier de charbon. Si l'on chauffe à feu ouvert, employer de préférence le charbon de bois.

Pour tremper, plonger l'outil verticalement dans l'eau en lui donnant un mouvement de haut en bas et de bas en haut. Le retirer avant le refroidissement complet pour le faire revenir aussitôt. On peut encore plonger l'outil verticalement et brusquement dans l'eau, jusqu'à ce que les dents soient noires. A ce moment, on le retire et on l'immerge rapidement dans un bain d'huile jusqu'à complet refroidissement.

Si les tarauds sont petits et nombreux, on peut les chauffer tous ensemble dans une même caisse, mais la trempe se fait un à un.

En général, les tarauds cylindriques sont trempés la tête en l'air, et les tarauds très coniques la tête en bas.

Un taraud ne doit pas être trempé à cœur, les dents seules doivent être assez dures pour assurer à l'outil un bon rendement.

Tranches. — On ne chauffe que jusqu'à 15 ou 20 millimètres du bord de la tranche, la température allant en décroissant progressivement à partir de cette limite.

La trempe s'effectue en plongeant l'outil verticalement dans l'eau et en le promenant jusqu'à ce qu'il soit noir.

Faire le revenu par l'intérieur.

Défauts observés sur les Aciers trempés

DÉFAUTS CONSTATÉS	CAUSES	REMEDES
1° **Dureté insuffisante.**	*a)* Température de trempe insuffisante.	Retremper à bonne température, en vérifiant avec un pyromètre nouvellement étalonné.
	b) Bain de trempe insuffisamment énergique, soit qu'on n'ait pas employé le liquide conseillé, soit que le bain soit de capacité trop faible ou déjà trop chaud.	Employer le bain de trempe conseillé et vérifier s'il n'est pas trop chaud.
	c) Décarburation superficielle, ce dont on peut s'apercevoir en constatant que l'acier est plus dur à une certaine profondeur que superficiellement.	Enlever la couche décarburée. Si les dimensions de la pièce l'interdisent, cémenter la partie décarburée.
	d) Recuit avec vitesse de refroidissement trop lente.	Faire une trempe à l'air libre à une température supérieure de 100° environ à la température normale, en prenant des précautions pour éviter la décarburation. Tremper ensuite à la température normale.
	e) Pièce trop grosse.	Employer un acier spécial à plus grande pénétration de trempe.
	f) Hypertrempe.	Retremper l'acier dans un bain moins réfrigérant et à la température normale.
2° **Dureté inégale.**	*a)* Le refroidissement n'a pas été régulier, ou la pièce a reposé sur le fond ou contre les parois du bac de trempe.	Remuer la pièce dans le bain pour éviter les gaines de vapeur.
	b) Le bain de trempe est insuffisamment énergique et certaines parties de la pièce recouvertes d'oxyde ont été protégées de la trempe.	Employer un bain plus énergique. Décaper les pièces avant trempe pour enlever l'oxyde adhérent.
	c) Certains points ont été décarburés plus profondément au forgeage.	Pousser l'usinage plus profondément si c'est possible.
3° **Tapures.**	*a)* Bain de trempe trop énergique.	Vérifier si l'on a bien employé le bain de trempe recommandé.
	b) Dans la trempe à l'huile, de l'eau se trouve au fond du bain d'huile ou émulsionnée.	Vérifier le bain d'huile et le débarrasser de l'eau qui peut y être contenue.
	c) Température trop élevée ; on le constate par le grain grossier.	Vérifier la température de la trempe.

DÉFAUTS OBSERVÉS SUR LES ACIERS TREMPÉS *(suite)*

DÉFAUTS CONSTATÉS	CAUSES	REMÈDES
3° **Tapures.**	*d)* Trempe irrégulière.	Faire en sorte que le refroidissement soit le plus régulier possible.
	e) Pour les grosses pièces, on a chauffé trop à cœur.	Chauffer moins longtemps et moins à cœur. Tremper dès que l'extérieur est à la température normale de trempe.
	f) Amorces de rupture à la surface de la pièce : angles rentrants aigus, congés trop brusques, traits d'outils profonds.	Adoucir les angles trop aigus ; surveiller l'usinage pour éviter les traits d'outils.
	g) Provoquées par une tapure interne à la suite d'un chauffage trop brusque.	Boucher les trous avant le chauffage de trempe avec une pâte réfractaire.
	h) Chauffage brusque d'une pièce trempée.	Effectuer le chauffage lentement et graduellement avant trempe.
	i) Dans un chauffage partiel, il y a un passage trop brusque de la partie chauffée à la partie non chauffée.	Dégourdir la pièce vers 200 à 300° et la chauffer ensuite très lentement dans un feu très doux.
		Conduire le chauffage pour qu'il y ait une large zone de transition entre les deux parties.
4° **Tapures de meulage.**	Réseaux de fines craquelures sur les surfaces rectifiées par meulage trop violent.	Employer une meule douce, un arrosage abondant avec une faible pression.
5° **Fragilité excessive, rupture des pièces ou écaillage des arêtes des outils tranchants.**	*a)* Revenu insuffisant.	Pousser le revenu un peu plus haut.
	b) Surchauffe ayant provoqué un grossissement du grain.	Faire une trempe à l'air pour régénérer le métal et retremper la pièce à bonne température.
	c) Amorces de rupture sur les pièces : angles rentrants vifs, congés trop brusques, traits d'outils.	Surveiller le tracé des pièces et l'usinage. **Les traits d'outils en travers sont particulièrement dangereux pour les outils travaillant aux chocs ou aux efforts répétés** : bouterolles, poinçons, etc..., la partie dangereuse de la pièce doit être **polie** soigneusement.
6° **Déformations.**	*a)* Chauffage irrégulier à la surface.	Prendre des précautions pour un chauffage régulier.
	b) Refroidissement irrégulier.	Prendre des précautions pour un refroidissement régulier ; en particulier éviter, dans la trempe d'une pièce longue, de la déplacer latéralement dans le bain.
	c) Bain de trempe trop énergique.	Effectuer une trempe plus douce si la dureté exigée s'y prête ; sinon, prendre une qualité d'acier trempant plus facilement.
	d) Même avec toutes les précautions voulues.	Choisir alors un acier ne se déformant presque pas à la trempe. Nous avons plusieurs qualités suivant les usages.

ÉTABLISSEMENTS JACOB HOLTZER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 8.000.000 DE FRANCS

FORGES ET ACIÉRIES D'UNIEUX (LOIRE)

Tableau des Couleurs et des Températures correspondantes

REVENU

Degrés	Couleurs	Désignation
230°		Jaune pâle
250°		Jaune
265°		Jaune paille
285°		Ambre
295°		Gorge de pigeon
315°		Lilas
320°		Violet foncé
330°		Indigo
350°		Bleu
380°		Bleu vert d'eau

FORGEAGE ET TREMPE

Degrés	Couleurs	Désignation
1.200°		Blanc
1.150°		Jaune
1.100°		Jaune foncé
1.000°		Cerise très clair
950°		Cerise clair
900°		Cerise
850°		Cerise naissant
750°		Rouge sombre
650°		Rouge très sombre
500°		Rouge naissant

POUR 41° DOO

TABLEAU DES TEMPÉRATURES

JAUNE PAILLE	225°
JAUNE PAILLE FONCÉ	235°
AMBRE	245°
GORGE DE PIGEON	255°
LILAS	265°
VIOLET FONCÉ	275°
INDIGO	285°
BLEU	295°
VERT D'EAU	330°
BOIS GLISSANT	350°
GRIS BOIS FUMANT	400°
BOIS BRULANT	470°
ROUGE NAISSANT	500°
ROUGE NAISSANT AVANCÉ	550°
ROUGE TRÈS SOMBRE	600°
ROUGE SOMBRE	650°
ROUGE SOMBRE AVANCÉ	700°
ROUGE SOMBRE TRÈS AVANCÉ	750°
ROUGE CERISE NAISSANT	800°
ROUGE CERISE SOMBRE	850°
ROUGE CERISE	900°
ROUGE CERISE CLAIR	950°
ROUGE CERISE TRÈS CLAIR	1.000°
JAUNE NAISSANT	1.050°
JAUNE	1.100°
JAUNE AVANCÉ	1.150°
BLANC SALE	1.200°
BLANC	1.300°
BLANC ÉBLOUISSANT	1.500°

POINTS DE TRANSFORMATION

Nous croyons intéressant de donner les points de transformation à l'échauffement Ac et au refroidissement Ar de nos principaux aciers à outils.

QUALITÉS	$Ac^{(1)}$	$Ar^{(2)}$
TRIPLE EXPRESS A et B	820/850°	vers 800°
EXPRESS S	870/900°	— 800°
TRIPLE EXPRESS	800/875°	— 800°
EXPRESS E	810/840°	— 780°
CHROMES B0 - B1	770/790°	760°
CHROMES B. 3	775/800°	750°
CHROMES B. 4	780/820°	760°
CHROMES B. 5	790/775°	750°
CHROME B. 15	820/850°	760°
DOUBLE CLOCHE — Duretés 0 et 1	700/750°	700°
DOUBLE CLOCHE — 2 et 3	750/780°	710°
DOUBLE CLOCHE — 4 et 5	760/790°	730°
SPÉCIAL P	700/750°	660°
SPÉCIAL M	760/770°	720°
SPÉCIAL C	750/780°	vers 730°
SPÉCIAL D	860/920°	850°
SPÉCIAL U	730/740°	690°
SPÉCIAL F	770/790°	700°
VÉGA 1 et 2	790/830°	750°
VÉGA 10	790/825°	745°
ACIERS AU CARBONE — Dureté 0	730/760°	720°
— — — 1	750/780°	720°
— — — 2	750/780°	720°
— — — 3	750/780°	720°
— — — 4	750/780°	720°
— — — 5	750/780°	720°
— — — 6	750/780°	720°

(1) Nous indiquons ici, pour ne pas compliquer, le début de la transformation à l'échauffement.

(2) Le point Ar dépend de la vitesse de refroidissement. Nous donnons ici les points correspondants à des aciers ayant subi un recuit préliminaire.

DENSITÉ DES ACIERS

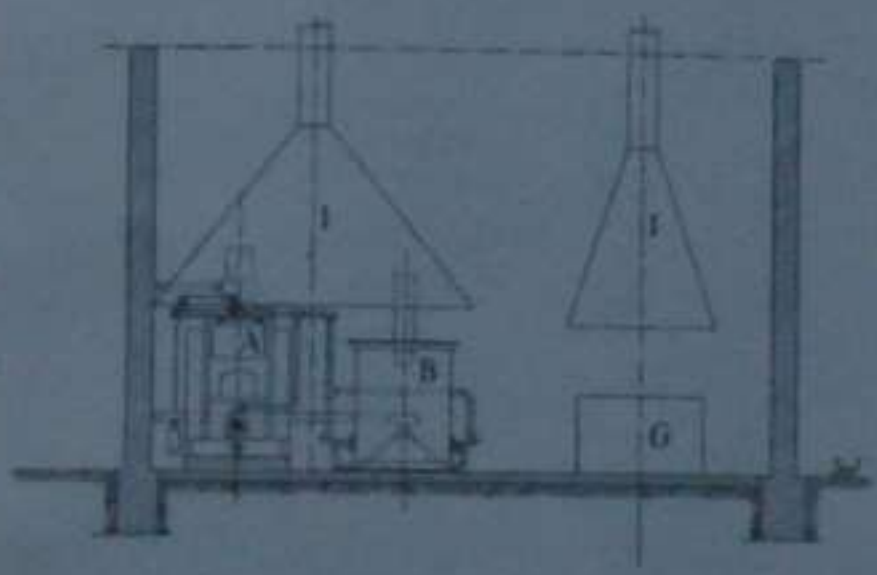
Certains de nos aciers spéciaux à outils ont une densité supérieure à la normale (7,8) par suite de la densité élevée des métaux étrangers qu'ils renferment (tungstène, nickel, molybdène, etc...) ; nous les indiquons ci-après avec les densités correspondantes :

EXPRESS S	8,92
TRIPLE EXPRESS B	8,81
TRIPLE EXPRESS A	8,73
TRIPLE EXPRESS	8,75
EXPRESS E	8,54
SPÉCIAL D	8,24
WOLFRAM	8,01
SPÉCIAL C	8,06
DOUBLE CLOCHE	8,04
SPÉCIAL P	7,88
SPÉCIAL A	8,18
SPÉCIAL R	7,84

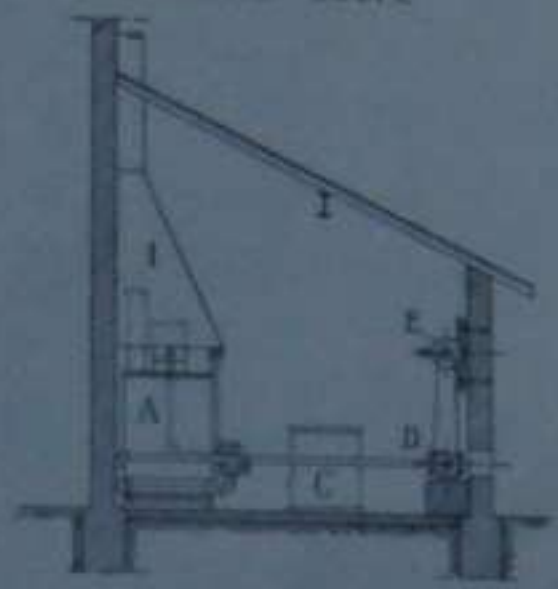
ATELIER DE TREMPE TYPE

Fig. 13

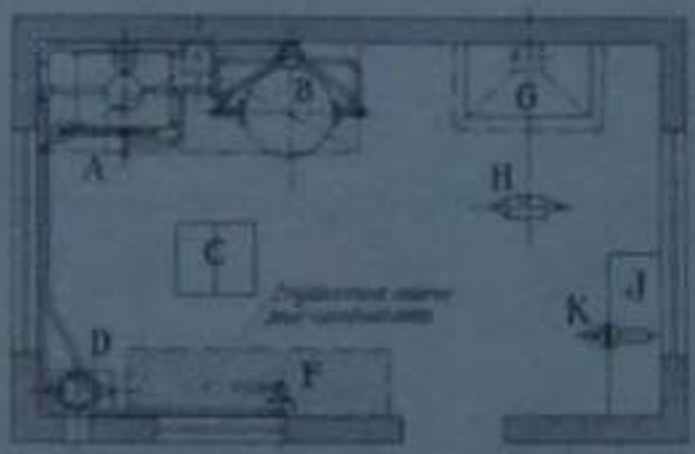
ÉLÉVATION - COUPE



PROFIL - COUPE



PLAN



Le système de chauffage des fours peut être variable, selon les ressources dont on dispose : gaz riche, huile légère (gaz oil), huile lourde, coke, houille.

Nous avons figuré une installation de chauffage au gaz oil, ce que nous conseillons toutes les fois que l'on ne peut avoir du gaz riche à sa disposition.

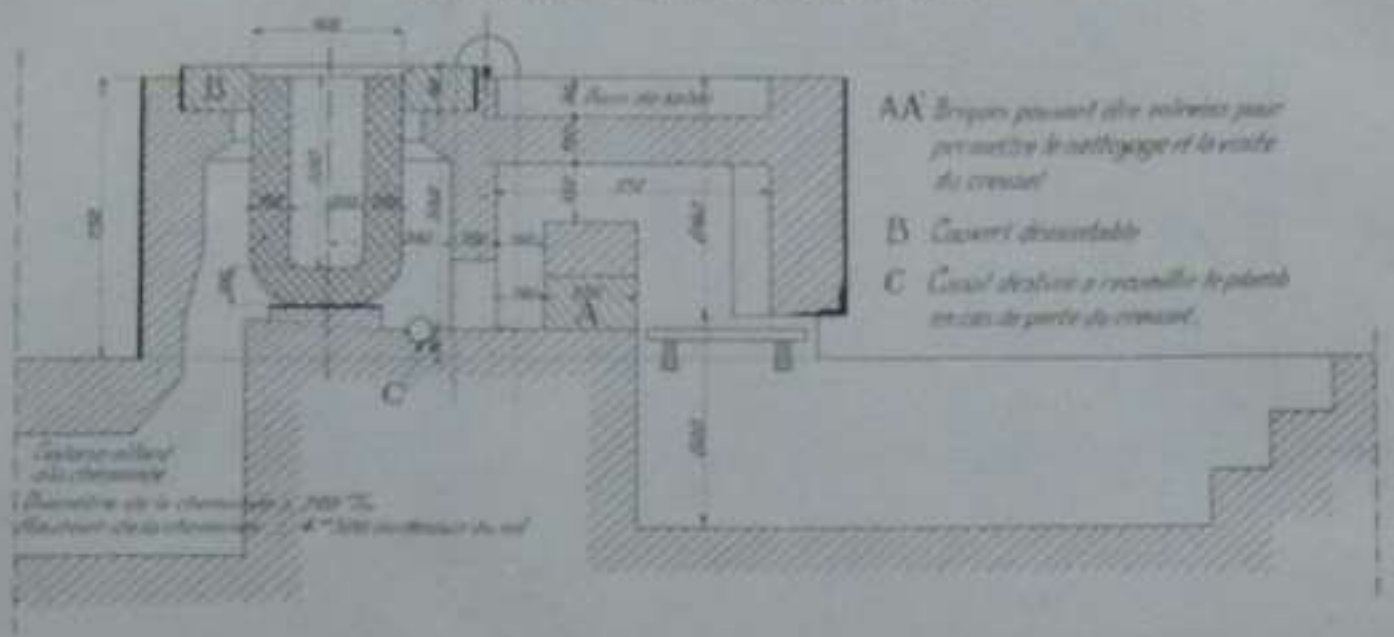
LEGENDE

A Four à tremper.
B Four à bain de sel pour revenus.
C Bac de trempe à huile et à eau.
D Pompe à air.
E Moteur électrique.
F Pompe à combustible à bras.
G Forge.
H Enclume.
I Hottes.
J Etabli.
K Eau.

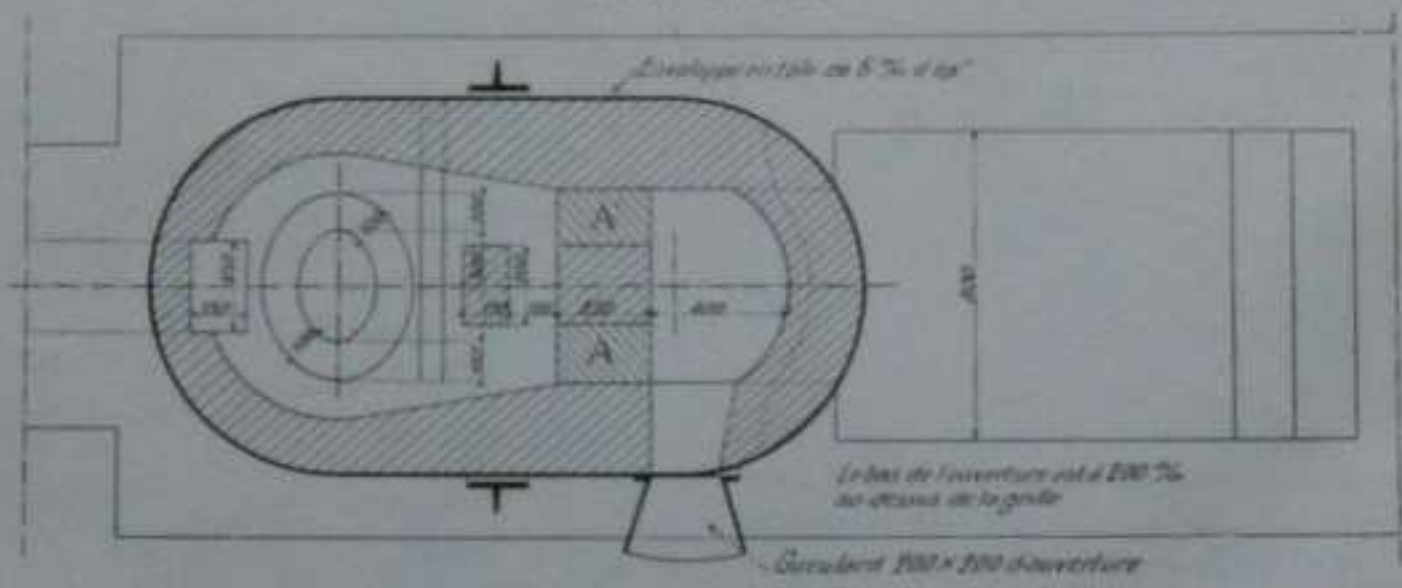
FOUR A TREMPER A BAIN DE PLOMB

Fig. 14

ÉLÉVATION - COUPE LONGITUDINALE


AA' Briques pouvant être enlevées pour permettre le nettoyage et la visite du creuset
B Couvert démontable
C Canal destiné à recueillir le plomb en cas de perte du creuset.
A
C

COUPE EN PLAN



Le four représenté est chauffé à la houille ou au coke ; on peut le combiner pour chauffage aux huiles lourdes ou légères.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
Nomenclature des principales fabrications	3 et 4
Historique des Usines	5
Historique des aciers au creuset	7
Généralités sur nos aciers au creuset	9 à 12
Constitution des aciers	13 à 17
Points critiques et appareils de mesure	13 et 14
Forgeage et traitements des aciers à outils	21 à 26
Forgeage	21 et 22
Recuit	22 et 23
Trempe	23 à 26
Revenu	26
Procédés de chauffage pour la trempe	27 à 29
Contrôle des températures-pyromètres	29 à 32
Défauts des aciers trempés	33 à 35
Régénération des aciers détériorés par le feu	37 et 38
Soudage de l'acier	39
Indications sur la trempe des principaux outils	41 à 46
Remèdes à apporter aux défauts des aciers trempés	47 et 48
Tableau des températures	49 et 50
Tableau des points de transformation de nos aciers	51
Densités de nos aciers	52
Atelier de trempe type	53
Four à tremper à bain de plomb	54

Imprimerie
J. Bruyère
St Etienne